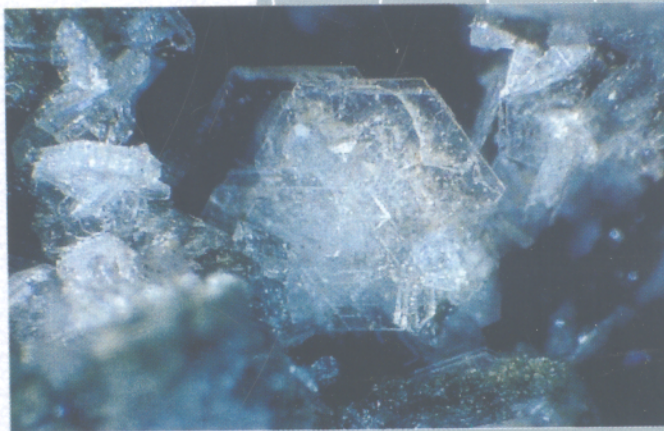
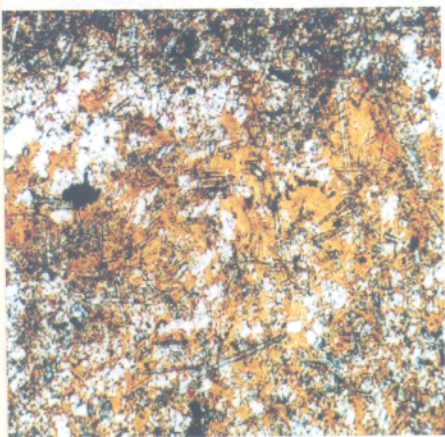


Khoáng vật học **Silicat**



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN
BỘ MÔN CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU SILICAT

HUỲNH ĐỨC MINH

KHOÁNG VẬT HỌC

SILICAT



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Khoáng vật học silicat, với công cụ chủ yếu là kính hiển vi phân cực, chuyên nghiên cứu các khoáng trong vật liệu silicat cũng như các khoáng trong các nguyên liệu được sử dụng để sản xuất các vật liệu này.

Nghiên cứu quá trình hình thành, hình dạng và kích thước, sự phân bố cũng như hàm lượng các khoáng trong vật liệu silicat có quan hệ chặt chẽ với các tính chất kỹ thuật và sử dụng của chúng. Nói cách khác, việc nghiên cứu điều chỉnh thành phần và cấu trúc các khoáng thông qua các giải pháp công nghệ là một biện pháp quan trọng nhằm nâng cao chất lượng sử dụng các sản phẩm silicat.

Giáo trình khoáng vật học silicat cung cấp cho người đọc những kiến thức đại cương về tính chất quang học của tinh thể cũng như việc nghiên cứu, xác định các tính chất quang học nhằm nhận biết loại tinh thể khoáng. Ngoài ra, giáo trình cũng đề cập đến các khoáng tồn tại trong các nguyên liệu và các sản phẩm silicat đại diện cho nhiều chủng loại khác nhau.

Giáo trình khoáng vật học silicat chủ yếu phục vụ cho sinh viên đại học chuyên ngành công nghệ vật liệu silicat, ngoài ra còn có thể dùng tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật trong ngành.

Tác giả

PHẦN THỨ NHẤT

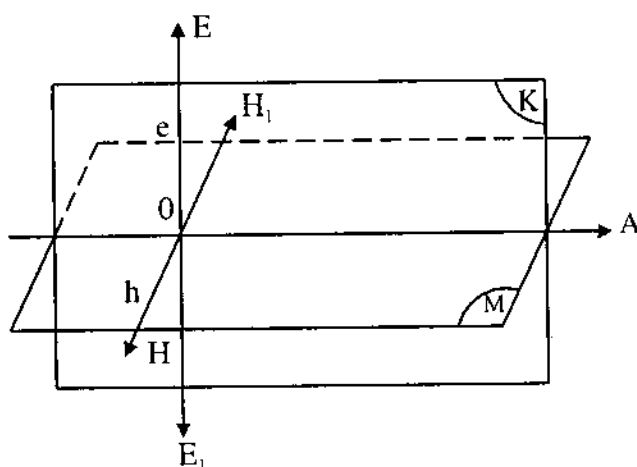
QUANG HỌC TINH THỂ

I. PHẦN MỞ ĐẦU

1. Bản chất ánh sáng

Theo lý thuyết sóng, ánh sáng thấy được bằng mắt thường là những dao động điện từ lan rộng từ nguồn sáng ra mọi phương với vận tốc rất lớn. Sơ đồ của dao động điện từ như sau:

Trong mỗi một điểm của tia sáng lan truyền theo hướng OA (H.1) ta thấy điện thế của điện trường và từ trường có sự thay đổi chu kỳ do ảnh hưởng của nguồn sáng. Nếu như biểu diễn mỗi một điện thế bằng một vectơ thì trong một điểm bất kỳ O của tia sáng vectơ điện e tăng rất nhanh theo thời gian đến một đại lượng nhất định (thí dụ OE), sau đó nó



Hình 1. Sơ đồ dao động điện từ.

giảm dần đến 0 và một lần nữa lại tăng theo hướng ngược lại đến đại lượng $OE_1 = OE$. Vector từ h cũng thay đổi tương tự và cần nhớ rằng trong môi trường đẳng hướng hai vectơ này luôn luôn trực giao nhau và trực giao với phương tia sáng lan truyền.

Theo sơ đồ trên, thấy rằng lý thuyết dao động cơ học cổ điển của các hạt ánh sáng chỉ đúng trong trường hợp nếu như ánh sáng có chuyển động dao động trực giao. Cho nên sau này đôi khi chúng ta sẽ nói đến chuyển động dao động của các hạt cho dễ tưởng tượng, mặc dù thực chất không phải là sự chuyển dịch của chúng mà là sự thay đổi đại lượng các vectơ điện thế của điện trường và từ trường tại mỗi một điểm của tia sáng.

Mặt phẳng dao động của các hạt hay các điểm của tia sáng tương ứng với mặt phẳng dao động của vectơ điện (mặt phẳng K), còn mặt phẳng phân cực trùng với mặt phẳng dao động của vectơ từ (mặt M).

2. Sự lan truyền các dao động điều hoà trực giao dọc theo đường thẳng

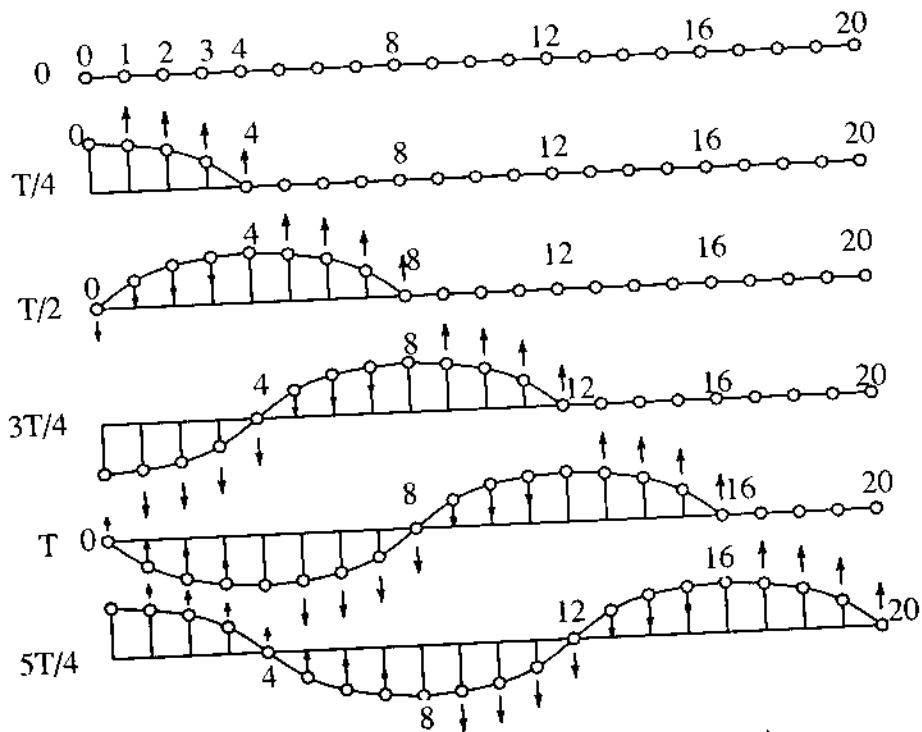
Có các điểm hoặc hạt 0, 1, 2, 3... (H.2) liên hệ với nhau bằng các lực đàn hồi và đứng yên ở trạng thái tĩnh. Ta giả thiết điểm 0 bị kích động và dịch chuyển theo hướng trực giao với đường thẳng chứa dãy hạt. Chuyển động của điểm 0 buộc các điểm 1, 2, 3... chuyển dịch theo. Mỗi một điểm đứng sau dịch chuyển muộn hơn so với điểm đứng trước và cứ như thế các điểm được dịch chuyển như các vị trí $T/4, T/2, 3T/4, T, 5T/4$.

Biên độ (A): là khoảng cách lớn nhất của điểm dao động so với vị trí cân bằng.

- **Chu kỳ dao động (T):** là khoảng thời gian mà điểm hoàn thành một dao động toàn phần, nghĩa là điểm đi lên đến vị trí cực đại, đi trở lại, sau đó đi đến vị trí cực đại thứ hai và một lần nữa trở về vị trí ban đầu. Do đó, chu kỳ là khoảng thời gian mà điểm đi được một đoạn đường bằng $4A$.

- **Tần số dao động (ν):** là số lần dao động toàn phần trong một giây. Tần số liên quan với chu kỳ dao động bằng tỷ số: $\nu = \frac{1}{T}$ hay $T = \frac{1}{\nu}$

- **Pha (φ):** là trạng thái dao động của một điểm cho trước ở một thời điểm xác định.



Hình 2. Lan truyền của các dao động điều hoà trực giao dọc theo đường thẳng.

*** Một vài yếu tố của sự lan truyền các dao động điều hoà**

Các điểm dao động cùng pha nếu như chúng phân bố cùng một phía với cự ly tương tự nhau so với vị trí cân bằng và dao động cùng chiều nhau.

Các điểm dao động ngược pha nếu như chúng phân bố ở hai phía với cự ly tương tự nhau so với vị trí cân bằng và dao động ngược chiều nhau.

Trên hình 2, $5T/4$, các điểm 0 và 16, 2 và 18, 4 và 20 có dao động cùng pha. Các điểm 0 và 8, 4 và 12, 2 và 10 có dao động ngược pha.

- **Chiều dài sóng (λ):** là khoảng cách lan truyền của chuyển động dao động sau một chu kỳ ($H.2, T$). Nói cách khác, chiều dài sóng là khoảng cách giữa các điểm gần nhất cùng pha (thí dụ giữa các điểm 0 và 16 hoặc 4 và 20 trên $H.2, 5T/4$).

Tốc độ lan truyền của dao động điện từ trong chân không - v , vào khoảng 300.000 km/s. Dao động điện từ với chiều dài sóng từ 380 ÷ 780 nm thuộc vào vùng ánh sáng thấy được. Thấp hơn 380 nm chỉ có các tia tử ngoại không thấy được và lớn 780 nm thuộc vùng các tia hồng ngoại cũng không thấy được.

Ánh sáng trắng thực tế là một hỗn hợp của mọi dao động ánh sáng với các chiều dài sóng có thể (khoảng 380 ÷ 780nm). Nếu do một nguyên nhân nào đó mà một phần của các chiều dài sóng nằm trong thành phần của ánh sáng trắng được tăng cường hoặc giảm đi thì thấy ánh sáng có màu sắc.

Ánh sáng có cùng chiều dài sóng như nhau gọi là ánh sáng đơn sắc. Mỗi một màu nhất định ứng với một bức xạ đơn sắc nhất định.

Cường độ ánh sáng được xác định bằng năng lượng của dao động ánh sáng và tỷ lệ thuận với biên độ bình phương.

3. Ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực

Ánh sáng tự nhiên là ánh sáng được đặc trưng bằng những tính chất sau đây:

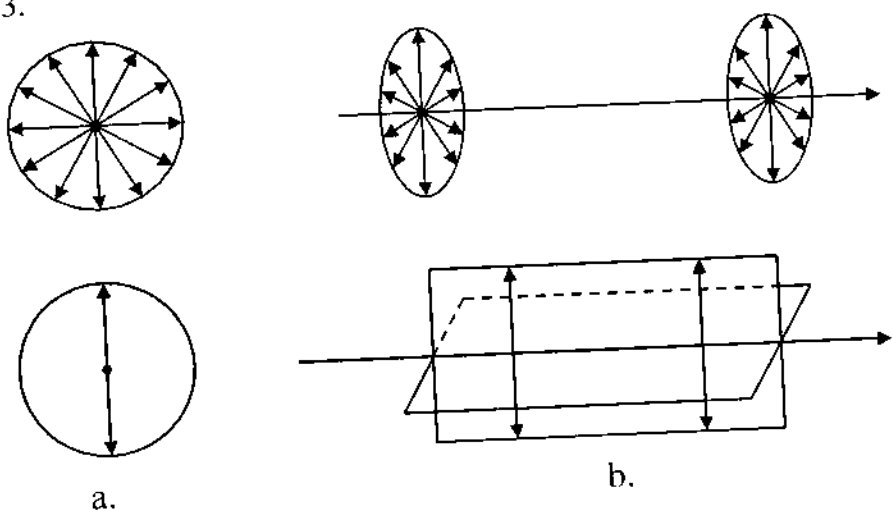
a- Tại mỗi một thời điểm các phương dao động tại những điểm khác nhau của tia đều khác nhau.

b- Trong mỗi một điểm của tia, các phương dao động tại các thời điểm khác nhau đều khác nhau (phương dao động thay đổi nhanh chóng theo thời gian).

c- Biên độ dao động theo các phương khác nhau của tia sáng tự nhiên đều bằng nhau.

Nếu như biên độ dao động khác nhau theo các phương khác nhau thì ánh sáng được gọi là ánh sáng phân cực. Nếu tất cả dao động thực hiện trong cùng một phương (biên độ theo các phương còn lại bằng không), ánh sáng được gọi là phân cực thẳng và quen gọi là ánh sáng phân cực.

Mặt phẳng dao động là mặt chứa phương dao động của mọi điểm trong tia phân cực. Mặt phẳng phân cực là mặt phẳng trực giao với mặt phẳng dao động. Ký hiệu dao động của tia sáng tự nhiên và tia phân cực như H.3.



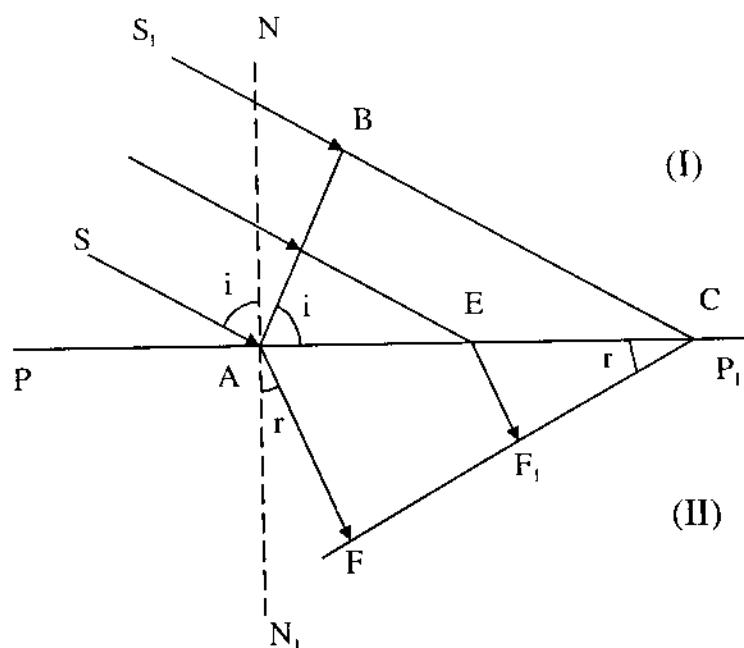
Hình 3. Ký hiệu phương dao động của tia sáng tự nhiên (trên) và của tia sáng phân cực thẳng (dưới)
a- Tia sáng trực giao mặt hình vẽ;
b- Tia sáng lan truyền trong mặt hình vẽ.

4. Chỉ số chiết suất

Có hai môi trường (I) và (II) và mặt phẳng phân giới giữa chúng là PP_1 (H.4).

Giả sử có chùm tia sáng AB rơi vào mặt PP_1 dưới một góc nào đấy. Ký hiệu tốc độ ánh sáng trong môi trường (I) là v_1 và (II) là v_2 . Chùm tia AB đi vào mặt PP_1 bắt đầu ở A và kết thúc ở C.

Chùm tia AB lan truyền từ môi trường (I) sang môi trường (II) có hiện tượng khúc xạ ánh sáng. Tia S tiếp xúc với mặt phẳng phân giới tại điểm A vào thời điểm khi mà tia S_1 còn đi trên đường BC trong môi trường (I). Ký hiệu t là khoảng thời gian mà tia S_1 đi một đoạn là $BC = v_1 t$. Trong thời gian này tia S từ điểm A đi vào môi trường (II) một đoạn là $v_2 t$.



Hình 4. Sự lan truyền của chùm tia sáng trong hai môi trường (I) và (II).

Vẽ mặt phẳng CF trực giao với các tia khúc xạ trong môi trường (II). Ký hiệu góc giữa tia rơi và đường trực giao với mặt phân giới là i (góc rơi) và góc giữa tia khúc xạ với đường trực giao là r (góc khúc xạ):

$$i = \widehat{SAN} = \widehat{BAC} \text{ (do } AB \perp AS; AC \perp AN)$$

$$r = \widehat{FAN_1} = \widehat{ACF} \text{ (do } AC \perp AN_1; CF \perp AF)$$

$$BC = v_1 t = AC \cdot \sin \widehat{BAC} = AC \sin i$$

$$AF = v_2 t = AC \cdot \sin \widehat{ACF} = AC \sin r$$

$$\text{Suy ra } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin i}{\sin r} = n_{(I, II)}$$

$n_{(I, II)}$ là chỉ số chiết suất của môi trường (II) đối với môi trường (I).

Chỉ số chiết suất của một môi trường bất kỳ đối với chân không được gọi là chỉ số chiết suất tuyệt đối và ký hiệu là n (hoặc N). Trị số n luôn luôn lớn hơn 1. Chênh lệch của vận tốc tia sáng lan truyền trong không khí và trong chân không hầu như rất nhỏ, nên người ta xem chỉ số chiết suất của một môi trường bất kỳ đối với chân không tương tự như là đối với không khí.

Xét chỉ số chiết suất của hai môi trường bất kỳ (I) và (II) đối với chân không (hoặc không khí). Ký hiệu v_0 là tốc độ của ánh sáng trong chân không, v_1 – tốc độ ánh sáng trong môi trường (I), v_2 – tốc độ ánh sáng trong môi trường (II). Chỉ số chiết suất tuyệt đối của hai môi trường

$$n_1 = \frac{v_0}{v_1}; \quad n_2 = \frac{v_0}{v_2}. \text{ Suy ra } \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \text{ và } n_{(I, II)} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Như vậy chỉ số chiết suất của môi trường (II) đối với môi trường (I) bằng tỷ số của chỉ số chiết suất tuyệt đối của môi trường (II) đối với chỉ số chiết suất tuyệt đối của môi trường (I).

5. Phản xạ toàn phần

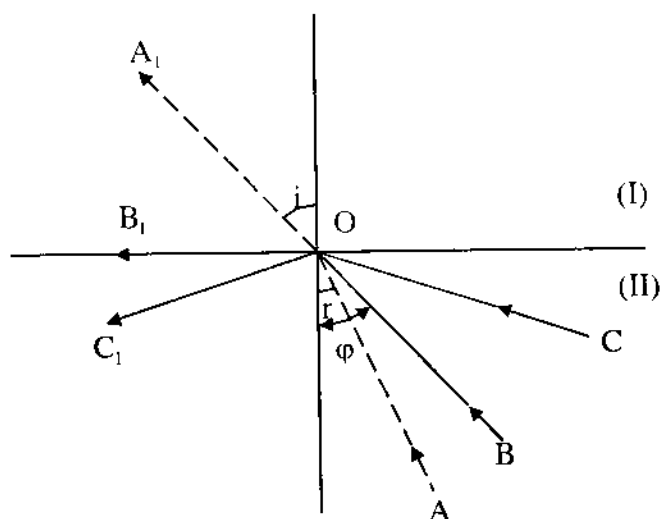
Khi truyền ánh sáng từ môi trường có chiết suất nhỏ hơn sang môi trường có chiết suất lớn hơn thì góc khúc xạ nhỏ hơn góc rơi và ngược lại.

Ánh sáng truyền từ chân không (hoặc không khí) vào môi trường có chiết suất là n thì góc khúc xạ thay đổi từ 0 đến góc nhất định φ sẽ tương ứng với góc rơi từ 0 đến 90° . Góc φ tương ứng với góc rơi 90° . Trị số φ

tìm theo công thức $n = \frac{\sin i}{\sin r}$. Nếu $r = \varphi$ và đặt góc $i = 90^\circ$ thì

$$n = \frac{\sin 90}{\sin \varphi} \text{ và } \sin \varphi = \frac{1}{n}. \text{ Góc } \varphi \text{ gọi là góc tới hạn.}$$

Nếu tia đi ngược lại môi trường đang xét vào không khí thì góc r từ $0 \div \varphi$ tương ứng với góc i từ $0 \div 90^\circ$ trong không khí. Khi đại lượng $r > \varphi$ thì trong biểu thức $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ đại lượng $\sin i$ cần phải lớn hơn 1. Trong trường hợp này ánh sáng hoàn toàn không ra khỏi môi trường mà phản xạ lại từ bề mặt phân giới theo hướng OC_1 (H.5).



Hình 5. Phản xạ toàn phần khi $n_{II} > n_I$.

Hiện tượng này được gọi là hiện tượng phản xạ toàn phần.

Khi ánh sáng chuyển từ môi trường (II) vào môi trường (I) nào đấy không phải là không khí, hiện tượng phản xạ toàn phần chỉ có thể khi $n_{II} > n_I$. Góc tới hạn trong trường hợp này được xác định theo công thức:

$$\sin \varphi = \frac{1}{n_{(I,II)}} = \frac{n_I}{n_2}$$

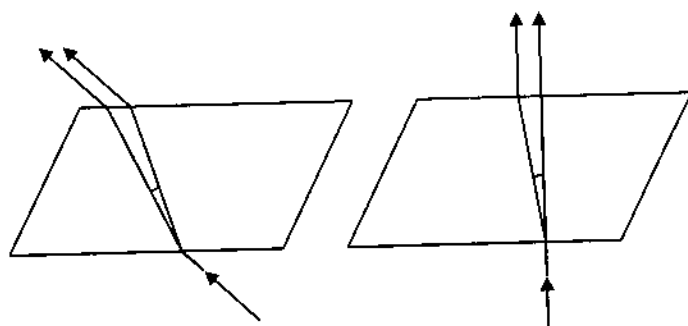
Tóm lại phản xạ toàn phần chỉ thấy trong trường hợp khi ánh sáng đi từ môi trường có chiết suất lớn hơn đến môi trường có chiết suất nhỏ hơn dưới một góc lớn hơn tới hạn. Hiệu số chiết suất của hai môi trường càng lớn thì góc tới hạn càng bé và sẽ có nhiều tia sáng bị phản xạ toàn phần.

II. KHÚC XẠ KÉP CỦA ÁNH SÁNG TRONG TINH THỂ

1. Hiện tượng trong tinh thạch Aixolen.

Năm 1669 nhà bác học Đan Mạch Bactôlin phát hiện trong tinh thạch Aixolen một hiện tượng gọi là hiện tượng lưỡng chiết.

Hiện tượng như sau: một tia sáng đi vào tinh thể bị khúc xạ và đồng thời bị tách thành hai tia (góc tách đạt $6,5''$). Cả hai tia sau đó đều đi qua tinh thể (hình 6). Do vậy khi nhìn một vật thể nhỏ qua tấm tinh thạch trong suốt thì thấy thành hai.



Hình 6. Lưỡng chiết của tia sáng trong tinh thạch Aixolen.

2. Bề mặt sóng trong tinh thể

Hãy tưởng tượng đặt một nguồn sáng vào tâm tinh thể. Từ nguồn sáng tốc độ lan truyền các tia sáng theo các phương khác nhau được đặt ở dạng các bán kính – vectơ vận tốc, sau đó nối đầu cùng các vectơ vận tốc lại với nhau ta sẽ được một bề mặt gọi là bề mặt sóng ánh sáng.

Đối với các vật thể đẳng hướng quang học như nước, thủy tinh... thì bề mặt sóng có dạng hình cầu do tốc độ lan truyền ánh sáng theo các phương khác nhau đều như nhau.

Trong các tinh thể bất đẳng hướng quang học, ở đây có hai tia được tách ra do một tia đi vào và cả hai tia lan truyền với tốc độ khác nhau

theo các phương khác nhau. Do vậy bề mặt sóng có dạng bề mặt kép, một bề mặt sóng ứng với tốc độ của 1 tia, bề mặt sóng thứ hai ứng với tốc độ của tia còn lại.

2.1. Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng cao

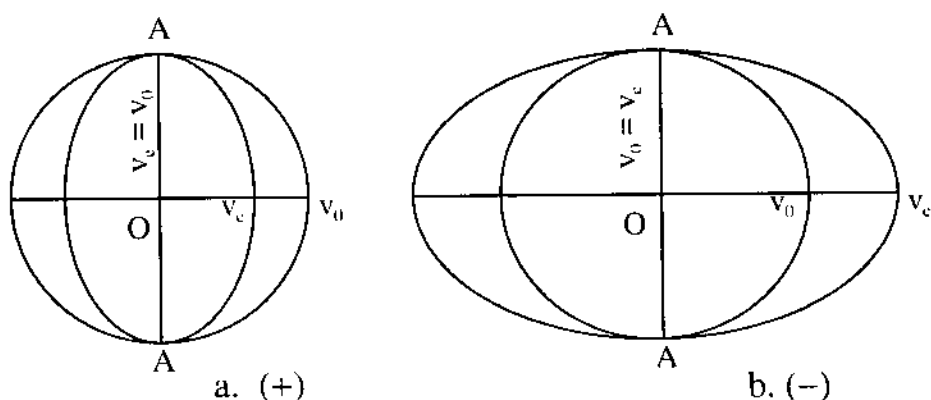
Các tinh thể hệ lập phương về phương diện quang học giống như vật thể đẳng hướng. Ánh sáng lan truyền trong các tinh thể với tốc độ như nhau và bề mặt sóng có dạng hình cầu.

2.2. Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng trung

Bề mặt sóng tinh thể các hệ ba phương, bốn phương và sáu phương có dạng liên hợp bề mặt hình cầu và bề mặt hình elipxôit tròn xoay. Ở đây có thể có hai trường hợp:

a. Hình cầu nằm bên ngoài elipxôit tròn xoay kéo dài (H.7,a). Tinh thể như vậy gọi là tinh thể quang tính dương.

b. Hình cầu nằm bên trong elipxôit tròn xoay bẹt (H.7,b). Tinh thể như vậy gọi là tinh thể quang tính âm.



Hình 7. Bề mặt sóng các tinh thể hạng trung:
a- Dương ; b- Âm.

*** Khảo sát bề mặt sóng có các nhận xét sau**

Trong tinh thể có hai tia đi với tốc độ khác nhau theo mỗi một phương. Một tia ứng với sóng hình cầu, tia kia sóng enlipxôit. Tia tương ứng với sóng hình cầu gọi là tia thường (ký hiệu là o), còn tia tương ứng với sóng enlipxôit gọi là tia bất thường (ký hiệu là e). Tốc độ lan truyền của hai tia trong tinh thể là khác nhau đối với các phương khác nhau. Chỉ có một phương trong tinh thể mà ở đây tốc độ sóng o và e bằng nhau thì phương đó được gọi là trục quang học (phương AA). Điều này chứng tỏ tia sáng đi theo phương trục quang học không bị tách thành hai tia.

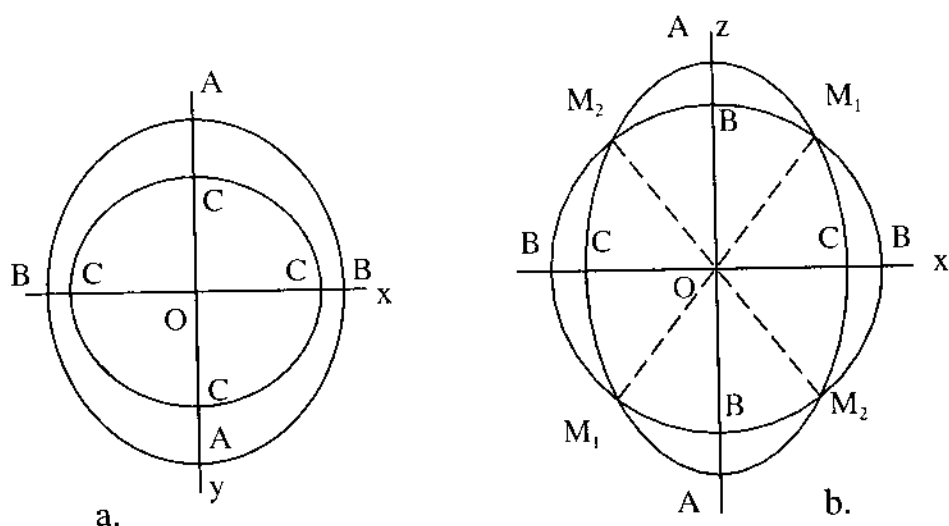
Tia sáng đi trục giao với trục quang học có hiệu số tốc độ giữa tia o và e lớn nhất. Lan truyền theo các phương khác vận tốc của tia bất thường v_e dao động giữa trị số lớn nhất và bé nhất của mình.

Trong tinh thể quang tính dương vận tốc v_o lớn hơn v_e , trong tinh thể quang tính âm v_o nhỏ hơn v_e . Trục quang học trong các tinh thể hạng trung luôn luôn trùng với phương đơn trong tinh thể. Các tinh thể của hạng trung có một trục quang học nên được gọi là các tinh thể đơn trục.

2.3. Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng thấp

Tinh thể các hệ ba phương xiên, một phương xiên và trục thoi có bề mặt sóng phức tạp hơn, gồm từ hai bề mặt hình enlipxôit cài xen nhau. Trong bề mặt sóng có ba mặt đối xứng trục giao với nhau. Tiết diện của bề mặt sóng tại các mặt đối xứng này có dạng hình tròn và enlip (H.8), theo các phương khác, tiết diện bề mặt sóng càng phức tạp hơn. Trong tiết diện mặt sóng tại mặt đối xứng $O_x - O_z$ có 4 điểm tại vị trí hình phễu (H.8, b) là những chỗ bề mặt sóng này cắt bề mặt sóng kia. Các đường nối tâm của các mặt sóng với những điểm này được gọi là trục quang học vì hai tia lan truyền theo chúng có tốc độ bằng nhau.

Các tinh thể hạng thấp được gọi là tinh thể lưỡng trục vì bề mặt sóng có hai trục quang học (M_1M_1 và M_2M_2). Tinh thể lưỡng trục khác với tinh thể đơn trục ở chỗ là không có sóng dạng hình cầu, nghĩa là sóng thường. Hai tia được tách ra trong tinh thể lưỡng trục do một tia đi vào là những tia bất thường.



Hình 8. Tiết diện của bề mặt sóng trong tinh thể hạng thấp theo các mặt đối xứng:
a. Theo Ox-Oy. b. Theo Ox-Oz.

III. MẶT QUANG SUẤT

Để diễn tả các tính chất quang học của tinh thể như phương dao động của các tia sáng lan truyền trong tinh thể và chiết suất của tinh thể, người ta dùng một bề mặt hình học phụ gọi là mặt quang suất. Bề mặt có dạng hình elipxoit.

Mỗi một đại lượng bán kính – vectơ của mặt quang suất biểu thị chỉ số chiết suất của tinh thể đối với mọi sóng ánh sáng mà các dao động của chúng thực hiện theo phương của vectơ này.

Mỗi một tiết diện của mặt quang suất có dạng elip (đôi khi dạng tròn) và các trục của nó là các phương dao động có thể trong tiết diện đã cho. Đồng thời, trị số các trục elip sẽ biểu thị chỉ số chiết suất của tinh thể đối với phương dao động tương ứng.

Cần nhớ là các dao động luôn trực giao với phương lan truyền sóng ánh sáng. Do đó trị số và phương của các trục elíp sẽ tương ứng với chỉ

số chiết suất và phương dao động của hai sóng lan truyền trực giao với tiết diện đã cho của mặt quang suất. Ngược lại, nếu biết phương lan truyền của ánh sáng đối với mặt quang suất và muốn biết phương dao động cùng với chỉ số chiết suất đối với các sóng lan truyền theo phương này thì ta cần vẽ một mặt phẳng qua tâm mặt quang suất và trực giao với phương lan truyền này. Các trục của tiết diện enlip tạo thành sẽ là các vector biểu thị phương dao động và chỉ số chiết suất của các sóng lan truyền trực giao với tiết diện enlip.

Những tóm tắt ở trên là nội dung của quy tắc mặt quang suất.

Hiện tượng tách thành hai tia sáng trong tinh thể do một tia đi vào cũng như hai tia được tách ra đều biến thành hai tia phân cực có các dao động luôn luôn trực giao với nhau là hệ quả của tính bất đẳng hướng trong tinh thể. Tính bất đẳng hướng phụ thuộc vào cấu tạo mạng lưới không gian của vật thể.

1. Hình dạng và vị trí mặt quang suất trong các hạng tinh thể

Mọi tính chất vật lý của tinh thể đều giống nhau theo mọi phương song song với một phương đã cho, vì vậy không cần phân biệt là chọn điểm nào trong tinh thể làm tâm mặt quang suất. Cần xem các trục quang học và các trục chính của mặt quang suất không phải là những đường thẳng riêng biệt đi qua một điểm nào đấy trong tinh thể mà là coi như là các phương (phương trong tinh thể học nên hiểu là tổng hợp của mọi đường thẳng song song với một đường nhất định).

Để cho dễ hiểu, ở đây ta xem tâm của mặt quang suất trùng với tâm hình học của tinh thể.

Tính đối xứng của tinh thể về phương diện vật lý (ở đây là tính chất quang học) không khi nào có thể thấp hơn tính đối xứng của bản thân cấu trúc tinh thể và phương đơn của mặt quang suất luôn luôn trùng với phương đơn trong tinh thể.

Những nhận xét về phương đơn trong các hạng hệ tinh thể cho phép rút ra kết luận về hình dạng của mặt quang suất trong các tinh thể như sau:

- **Hạng cao – hệ lập phương:** Không có phương đơn. Mặt quang suất không thể có phương đơn, nghĩa là nó có dạng hình cầu.

- **Hạng trung:** Có một phương đơn. Mặt quang suất không thể có nhiều hơn là một phương đơn, nghĩa là nó có hình dạng enlipxoit tròn xoay. Phương đơn của mặt quang suất (trục quang học) trùng với trục đối xứng chính của tinh thể.

- **Hạng thấp:** Có ít nhất là ba phương đơn. Vì vậy mặt quang suất có thể có dạng hình enlipxoit với 3 trục không bằng nhau.

2. Mặt quang suất của các hạng tinh thể

2.1. Hạng cao

Mặt quang suất của các tinh thể hạng cao có dạng hình cầu. Mọi tiết diện của mặt quang suất đều có dạng tròn. Các tia sáng lan truyền trực giao với tiết diện đều có chiết suất giống nhau, nghĩa là các tia sáng không bị lưỡng chiết. Mọi phương trong mặt quang suất đều là trục quang học, như vậy hình cầu là mặt quang suất của các vật thể đẳng hướng quang học.

2.2. Hạng trung

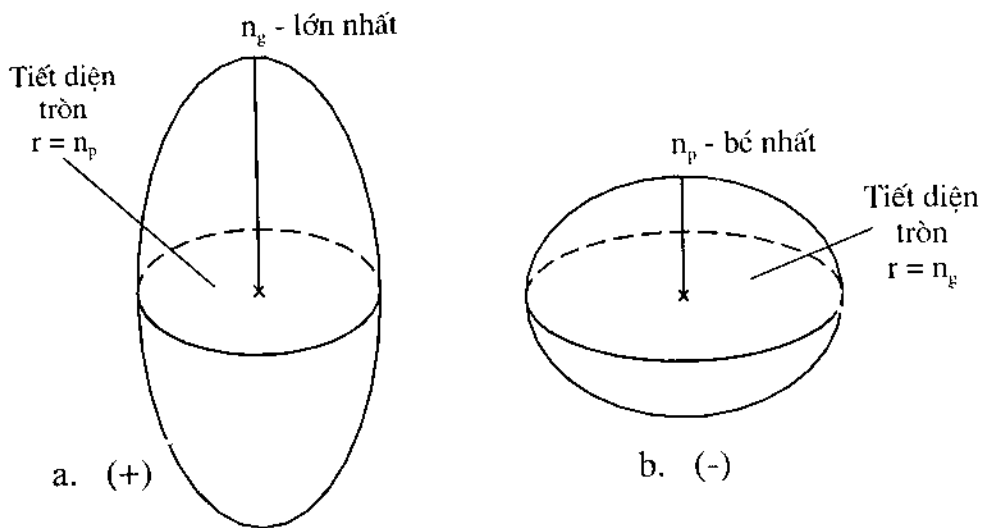
Mặt quang suất các tinh thể hạng trung có dạng enlipxoit tròn xoay với một trục chính (trục xoay) và tiết diện trực giao với trục chính có dạng hình tròn (H.9). Mỗi một bán kính của tiết diện tròn là một trục đối xứng bậc hai. Mỗi một mặt phẳng đi ngang qua trục chính là một mặt đối xứng. Mặt phẳng trực giao với trục chính cũng là mặt đối xứng.

Trục chính của enlipxoit đồng thời cũng là trục quang học vì nó trực giao với tiết diện tròn. Enlipxoit tròn xoay chỉ có một tiết diện tròn

và một trục quang học. Do đó enlipxoit là mặt quang suất của tinh thể đơn trục.

Có thể thấy tinh thể đơn trục có quang tính dương khi mặt quang suất có dạng enlipxoit tròn xoay kéo dài và âm khi mặt quang suất có dạng enlipxoit tròn xoay bẹt (H.9a và H.9b).

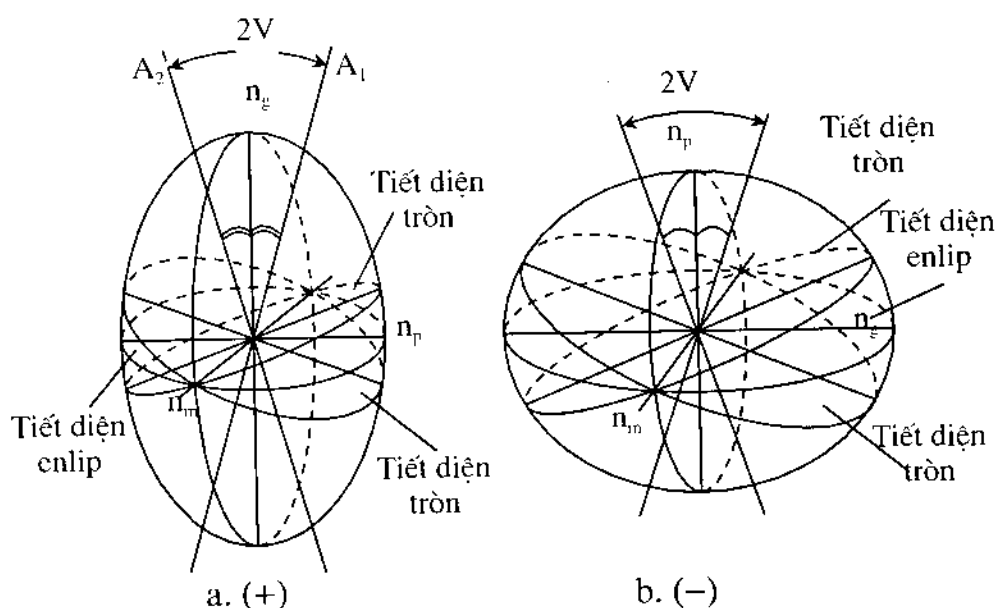
Chiết suất của tinh thể đơn trục có hai đại lượng chính: một phương ứng với trục xoay, còn một ứng với đường kính của tiết diện tròn. Tinh thể dương có n_g ứng với trục xoay và n_p ứng với đường kính tiết diện tròn. Tinh thể âm có ký hiệu ngược lại.



Hình 9. Mặt quang suất của tinh thể đơn trục (enlipxoit tròn xoay):
a. Dương; b. Âm.

2.3. Hạng thấp

Mặt quang suất của các tinh thể hạng thấp có dạng enlipxoit với 3 trục chính không bằng nhau. Tính đối xứng của enlipxoit tương ứng với công thức $3L_23PC$. Các trục chính của enlipxoit là các trục đối xứng. Trục nhỏ nhất ký hiệu n_p , trung bình – n_m và lớn nhất – n_g (H.10).



Hình 10. Mặt quang suất của tinh thể lưỡng trục
(enlipxoit với 3 trục không bằng nhau):
a. Dương;
b. Âm.

Các mặt phẳng $n_p n_m$, $n_p n_e$, $n_m n_e$ là các mặt đối xứng của mặt quang suất, đôi khi còn gọi là mặt phẳng chính.

Các tiết diện vẽ qua tâm enlipxoit thông thường có dạng enlip, nhưng có hai tiết diện là hình tròn. Có thể thấy các mặt phẳng cắt enlipxoit và đi qua trục n_m sẽ tạo nên các tiết diện enlip và một trong hai trục của enlip là n_m , còn trục khác – một phương bất kỳ nào đó trong mặt phẳng $n_e n_p$. Do $n_e > n_m$, còn $n_p < n_m$ nên trong mặt phẳng $n_e n_p$ có thể tìm một vectơ bằng n_m . Tiết diện vẽ qua vectơ này và trục n_m có dạng enlip với hai trục bằng nhau, nghĩa là tiết diện tròn. Do enlipxoit đối xứng nên ta có được hai tiết diện tròn.

Như đã biết, sóng ánh sáng lan truyền trục giao với tiết diện tròn không bị lưỡng chiết, nghĩa là phương trục giao với tiết diện tròn của mặt quang suất là trục quang học của tinh thể. Do enlipxoit với 3 trục chính không bằng nhau có hai tiết diện tròn nên nó là mặt quang suất của tinh thể lưỡng trục.

*** Mặt phẳng chứa các trục quang học, góc 2V và dấu quang học**

Các trục quang học nằm trong mặt phẳng $n_g n_p$ và trục giao với trục n_m . Mặt $n_g n_p$ được gọi là mặt phẳng chứa các trục quang học.

Trục n_g và n_p là phân giác của các góc nằm giữa các trục quang học. Góc 2V được gọi là góc giữa các trục quang học. Nếu như trục n_g là phân giác nhọn của góc 2V thì tinh thể có quang tính dương, nếu như trục n_p là phân giác nhọn của góc 2V thì tinh thể có quang tính âm. Trường hợp tinh thể có $2V = 90^\circ$ thì được gọi là tinh thể trung tính.

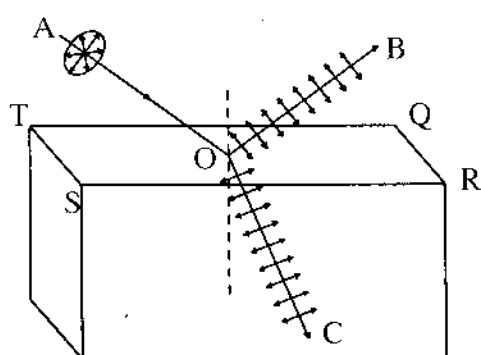
IV. PHÂN CỰC ÁNH SÁNG TRONG TINH THỂ

1. Phân cực ánh sáng trong trường hợp phản xạ và khúc xạ

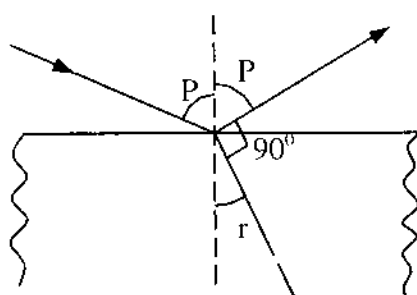
Chiếu vào bề mặt một môi trường bất kỳ nào đấy dưới một góc nghiêng, tia sáng sẽ bị phản xạ một phần bởi bề mặt này và một phần đi vào môi trường và bị khúc xạ. Trong trường hợp này tia phản xạ và khúc xạ đều bị phân cực hoá trong một mức độ nhất định. Ở môi trường đẳng hướng dao động của tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng rơi, còn của tia phản xạ - trục giao với mặt phẳng này, nghĩa là song song với mặt phản xạ (H.11).

Khi góc rơi thay đổi thì mức độ phân cực của 2 tia thay đổi. Chọn góc rơi bằng P (góc phân cực) thì tia phản xạ được phân cực hoàn toàn. Góc phân cực có liên quan đến chiết suất của môi trường bằng công thức đơn giản $n = \operatorname{tg} P$. Công thức này chỉ đúng trong điều kiện khi tia phản xạ và khúc xạ trục giao nhau (H.12).

Bản thân $n = \operatorname{tg} P = \frac{\sin P}{\cos P}$ và đồng thời $n = \frac{\sin P}{\sin r}$, suy ra $\sin r = \cos P$ (có nghĩa $P + r = 90^\circ$). Đối với loại thuỷ tinh có $n = 1,5$ thì góc P vào khoảng 56° .



Hình 11. Phân cực ánh sáng của tia phản xạ và khúc xạ. Dao động của tia khúc xạ OC nằm trong mặt phẳng ABC, còn của tia phản xạ OB lại trực giao với mặt ABC (song song với mặt TQRS).



Hình 12. Minh họa công thức $n = \tan P$.

Tia khúc xạ không được phân cực hoàn toàn ở bất kỳ điều kiện nào (trong môi trường đẳng hướng). Khi góc rơi bằng P , mức độ phân cực của tia khúc xạ đạt cực đại nhưng không thể đạt đến 100%.

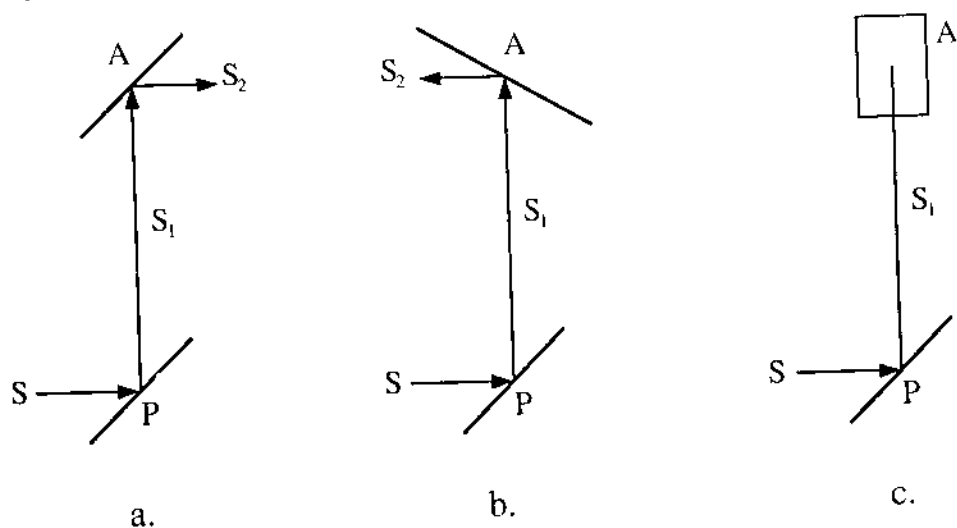
2. Tác dụng của kính phân cực lên ánh sáng phân cực

Lấy hai kính phân cực, thí dụ hai gương đen P và A (H.13) và bắt ánh sáng bị phân cực bởi gương P chiếu vào gương A. Xoay gương A quanh trục thẳng đứng là tia S_1 . Cần đặt gương A như thế nào để góc giữa gương và trục tia S_1 luôn không đổi. Cường độ sáng của tia S_2 phản chiếu bởi gương A khi xoay luôn thay đổi. Cường độ sáng đạt cực đại khi gương A nằm ở vị trí như H.13, a,b và bằng không khi xoay gương A một góc 90° (H.13,c) so với vị trí H.13, a,b. Như vậy trong trường hợp vị trí thứ ba, c, ánh sáng phân cực không hoàn toàn phản xạ và tia phân cực S_1 bị hấp phụ khá nhiều bởi kính A. Khi gương A nằm ở các vị trí trung gian, tia S_2 có các cường độ sáng trung gian.

Nguyên nhân của các hiện tượng trên được giải thích bằng hình 14.

Cho hướng đi của tia phân cực S_1 trực giao mặt hình vẽ và cắt mặt tại điểm O. Vector Op biểu thị phương và biên độ dao động của tia S_1 . Khi

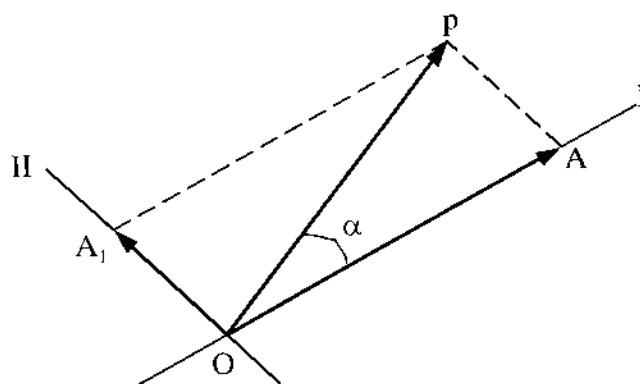
đến gương A, tia S_1 có một phần bị khúc xạ và bị hấp phụ bởi gương, còn một phần bị phản xạ. Tia S_1 với phương dao động Op phân thành hai tia với phương dao động OI và OII luôn luôn trực giao nhau. Giả sử OI là phương dao động có thể của tia phản xạ từ gương A, còn OII là phương dao động có thể của tia khúc xạ và bị hấp phụ. Như đã biết việc tách dao động điều hoà thành hai dao động thông thường theo nguyên tắc hình bình hành. Các đường thẳng vẽ qua đầu vectơ Op và song song với OI , OII cho ta biên độ dao động của tia phản xạ (OA) và tia khúc xạ (OA_1). Tia có biên độ dao động OA_1 bị hấp phụ bởi gương đen và ta chỉ thấy được tia phản xạ với biên độ dao động OA .



Hình 13. Các vị trí khác nhau của kính phân cực:
a. Kính A và P song song nhau;
b. Kính A xoay 180° quanh trục tia S_1 ; c. Kính A xoay 90° .

Quy ước góc $pOA = \alpha$ là góc xoay kính A quanh trục tia S_1 . Đại lượng $OA = Op \cos \alpha$. Trường hợp $\alpha = 0$ hay 180° (H.13, a,b) thì $OA = Op$ và tia S_2 sáng cực đại. Khi $\alpha = 90^\circ$ (H.13,c) thì $OA = Op \cos 90^\circ = 0$ và tia S_2 không tồn tại.

Kính phân cực thứ hai (kính A) được gọi là kính phân tích, nghĩa là dùng nó để phân tích ánh sáng và giải thích ánh sáng đó có phân cực hay không và phân cực trong mặt phẳng nào.



Hình 14. Tách dao động của tia phân cực S_1 thành hai dao động theo các phương trực giao.

Nếu như tia S_1 (H.13) là ánh sáng tự nhiên và dao động của nó thực hiện theo mọi phương trực giao với tia S_1 thì khi xoay kính phân tích A thấy cường độ sáng của tia S_2 sẽ không thay đổi. Nếu tia S_1 là phân cực thì có thể tìm được vị trí của kính phân tích A mà ở đấy tia S_2 có thể sáng nhất hoặc tối nhất, do đó cũng biết được hướng dao động của tia phân cực S_1 . Vấn đề này có ý nghĩa thực tiễn khi sử dụng kính hiển vi.

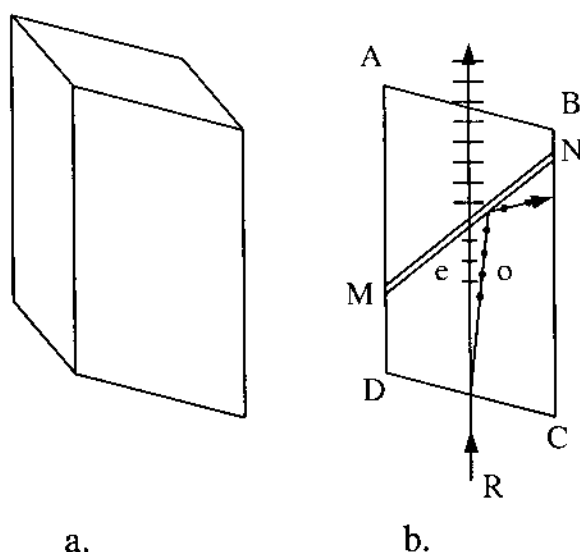
3. Cấu tạo của kính nicôn

Dựa theo hiện tượng phân cực ánh sáng khi lưỡng chiết người ta chế tạo ra kính phân cực dùng trong quang học – gọi là kính nicôn.

Kính nicôn làm bằng mảnh cát khai dài của tinh thạch Aixolen (loại canxit trong suốt). Tỷ lệ cạnh dài so với ngang gần 3,5. Mặt trên và dưới mài một ít để góc giữa mặt và cạnh dài bằng 68° . Sau đó cưa tinh thể theo mặt MN (H.15) và dán lại bằng nhựa Canada.

Tia sáng R vào lăng kính và tách thành hai tia o và e. Chiết suất của tinh thạch Aixolen đối với sóng thường $n_o = 1,658$ và bất thường $n_e = 1,486$ (nếu như tia R đi trực giao với trục quang học). Ở đây tia R đi xiên với trục quang học nên chiết suất của tia bất thường $n'_e = 1,515$. Chiết suất nhựa canada gần 1,54. Hai tia o và e đến lớp nhựa canada dưới một

góc rất thoải. Chỉ có tia e qua được lớp này và ra khỏi lăng kính, còn tia o không qua được và bị phản xạ lại bên trong do góc rơi của tia o đối với lớp nhựa canada lớn hơn góc tới hạn. Tia phản xạ bị vành lăng kính hấp phụ.



Hình 15. Sơ đồ lăng kính nicôn:
a. Dạng bên ngoài ; b. Mặt cắt dọc.

Nhược điểm của kính nicôn là góc thị trường nhỏ (29°), nghĩa là lăng kính giữ tia o và cho tia e đi qua chỉ trong trường hợp nếu như trong chùm tia sáng đi vào lăng kính không có các tia làm với nhau góc lớn hơn 29° .

Hiện nay người ta dùng những kính phân cực hoàn thiện hơn, có góc thị trường đến 40° hoặc hơn như kính phân cực polaroit.

Polaroit là hợp chất của iốt với sunfat kinin. Hợp chất có dạng tinh thể sáu phương, hấp phụ rất mạnh tia e và cho tia o đi qua. Các tinh thể rất nhỏ của hợp chất nằm song song nhau trên một nền làm bằng polyvinyl và có màu phớt xám.

Kính phân cực polaroit có nhiều điểm tốt: rẻ tiền, có thể chế tạo kính với kích thước bất kỳ và có góc thị trường lớn.

4. Ánh sáng qua hai nicôn. Nicôn song song và nicôn trực giao

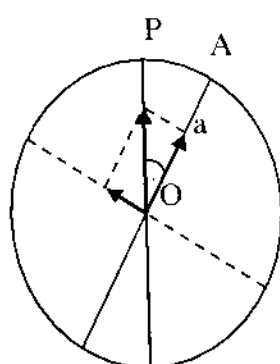
Cho tia sáng lần lượt qua hai nicôn. Qua nicôn thứ nhất ánh sáng tự nhiên biến thành phân cực có các dao động theo cùng một phương.

Trên H.16 ánh sáng đi trực giao mặt hình vẽ. OP – phương dao động của tia ra khỏi nicôn thứ nhất (kính phân cực) và Op là biên độ dao động của nó. OA và OA₁ – phương dao động có thể của ánh sáng trong nicôn thứ hai (kính phân tích). Quy ước OA là phương dao động của tia qua được kính phân tích, còn OA₁ – phương dao động của tia bị phản xạ bởi lớp nhựa canada.

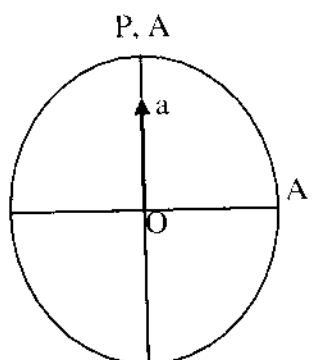
Trong trường hợp tổng quát, khi OA và OA₁ không trùng với OP thì tia ra khỏi kính phân cực với dao động Op sẽ phân thành 2 tia với biên độ Oa và Oa₁ trong kính phân tích. Tia với dao động Oa₁ bị triệt tiêu trong kính phân tích, còn tia với dao động Oa sẽ đi qua kính phân tích với biên độ $Oa = Op \cos \alpha$.

Khi nicôn song song: Nghĩa là khi các phương dao động lọt qua hai nicôn trùng nhau ($OA // OP$ và $Oa = Op \cos 0^\circ = Op$) thì tia ra khỏi kính phân cực lan truyền trong kính phân tích mà không thay đổi phương dao động của mình. Như vậy tia với dao động Op không phân thành hai tia trong kính phân tích và khi ra khỏi kính phân tích tia sáng có cường độ sáng như cũ (H.17).

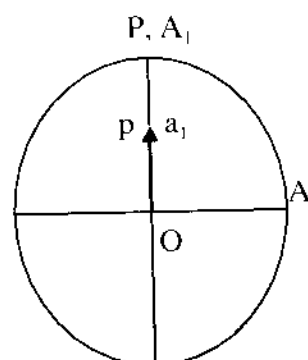
Khi nicôn trực giao: Nghĩa là phương dao động lọt qua hai nicôn trực giao nhau ($OA \perp OP$; $Oa = Op \cos 90^\circ = 0$) và có thể thấy (H.18) dao động Op ra khỏi kính phân cực sẽ song song với OA₁ – một trong hai phương dao động có thể trong kính phân tích. Cho nên khi lan truyền trong kính phân tích tia với dao động Op không phân thành hai tia và không thay đổi phương dao động của mình, đồng thời khi đến lớp nhựa canada tia bị phản xạ và không ra khỏi được kính phân tích. Do không có tia dao động theo OA (tia có thể qua kính phân tích) nên ánh sáng hoàn toàn không thể qua hệ nicôn trực giao và thấy thị trường tối.



Hình 16. Tách dao động Oa và Oa_1 trong kính phân tích: Góc α nằm giữa các phương dao động của những tia ra khỏi kính phân cực và kính phân tích (ánh sáng đi trực giao mặt hình vẽ).



Hình 17. Hệ nicôn song song: Ra khỏi kính phân cực, dao động Op đi qua kính phân tích không bị phân thành hai do $OA // OP$.



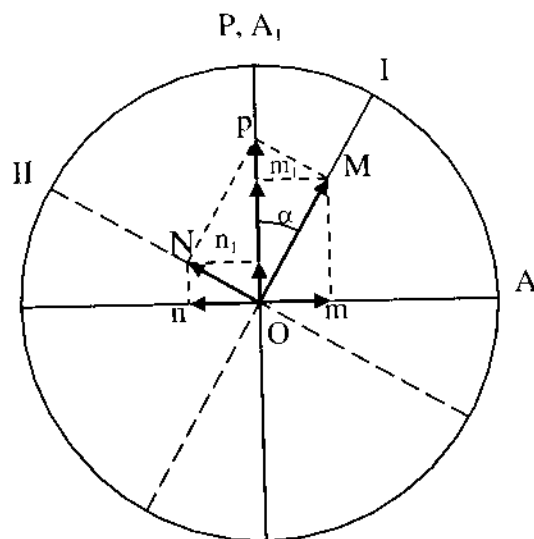
Hình 18. Hệ nicôn trực giao: Ra khỏi kính phân cực, tia với dao động Op đi vào kính phân tích theo phương OA_1 là phương dao động của tia phản xạ bởi nhựa canada và không qua được kính phân tích.

5. Tinh thể giữa hai nicôn trực giao. Hiện tượng tắt

Đặt một tinh thể lưỡng chiết giữa hai nicôn trực giao. H.19 biểu diễn ánh sáng đi trực giao với mặt hình vẽ. OP - phương dao động của các tia ra khỏi kính phân cực, OA - ra khỏi kính phân tích. Dao động của các tia sáng trong tinh thể có thể theo các phương trực giao nhau OI và OII .

Ra khỏi kính phân cực sóng ánh sáng với biên độ Op được tách thành hai sóng trong tinh thể. Biên độ Op tách thành hai biên độ thành phần $OM = Op \cos \alpha$ và $ON = Op \sin \alpha$ theo các phương OI và OII . Hai sóng với biên độ OM và ON đi trực giao với mặt hình vẽ.

Đến kính phân tích, mỗi một sóng ánh sáng lại phân ra hai sóng với phương dao động OA và OA_1 (OA - phương dao động của sóng đi qua kính phân tích, OA_1 - phương dao động của sóng bị phản xạ trong kính phân tích và song song với OP).



Hình 19. Dao động ánh sáng trong hệ kính phân cực-tinh thể-kính phân tích.

Biên độ OM phân thành $Om = OM \sin \alpha$ và $Om_1 = OM \cos \alpha$; ON phân thành $On = ON \cos \alpha$ và $On_1 = ON \sin \alpha$.

Dao động Om_1 và On_1 thực hiện theo phương OP thuộc diện bị hấp phụ trong kính phân tích. Biên độ Om và On bằng nhau: $Om = OM \sin \alpha = Op \cos \alpha \sin \alpha$ và $On = ON \cos \alpha = Op \sin \alpha \cos \alpha$. Sóng ánh sáng có dao động Om và On qua được kính phân tích và do đó ta thấy tinh thể nhuộm màu (màu là do giao thoa ánh sáng trắng đi qua tinh thể). Một phần thị trường không chứa tinh thể có màu đen. Nhờ hiện tượng trên ta rất dễ phân biệt tinh thể hạng thấp và hạng trung với vật thể đẳng hướng quang học.

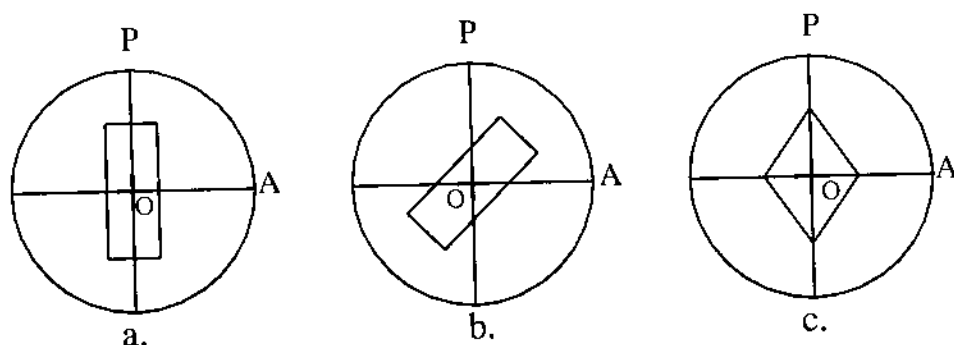
Bây giờ xoay tinh thể trong mặt phẳng trục giao với phương lan truyền ánh sáng (tức trong mặt hình vẽ H.19) đến một lúc OI trùng với OP, còn OII trùng với OA. Tại đây góc $\alpha = 0^\circ$, còn biên độ Om và $On = Op \sin \alpha \cos \alpha = 0$. Do đó, nếu các phương dao động trong tinh thể trùng với các phương dao động trong hệ nicôn trục giao thì ánh sáng sẽ không đi qua được hệ nicôn này và thấy tinh thể tối.

Nhận xét chung: Khi xoay một vòng các phương dao động trong tinh thể và nicôn trùng nhau bốn lần, do đó tinh thể sẽ tắt 4 lần qua mỗi một 90° .

Nếu như biết hai phương dao động trong hai nicôn là OA và OP thì rất dễ xác định phương dao động trong tinh thể. Muốn xác định, chỉ cần xoay tinh thể đến vị trí tắt. Vào lúc tắt các phương dao động trong tinh thể song song với OA và OP.

Trường hợp cạnh của tinh thể vào lúc tắt song song với OA và OP thì gọi là tắt đứng. Nếu cạnh tinh thể không song song với OA và OP vào lúc tắt thì gọi là tắt xiên, còn nếu cạnh tinh thể phân bố đối xứng đối với các phương OA và OP thì gọi là tắt đối xứng (H.20).

Như vậy tắt đứng là trường hợp khi phương dao động trong tinh thể song song với các cạnh của nó, tắt xiên khi phương dao động nằm xiên so với các cạnh và tắt đối xứng khi phương dao động nằm trên đường phân giác của góc giữa các cạnh tinh thể.



Hình 20. Vị trí tinh thể vào lúc tắt:
a. Tắt đứng ; b. Tắt xiên ; c. Tắt đối xứng.
Vạch chữ thập-phương dao động trong tinh thể.

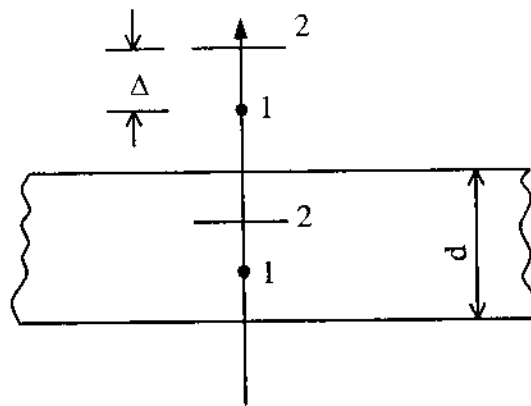
V. MÀU SẮC GIAO THOA CỦA TINH THỂ

1. Hiệu số đường đi trong tinh thể

Có một sóng ánh sáng khi đi vào tinh thể tách thành hai sóng và khi ra khỏi tinh thể hai sóng này có chênh lệch về khoảng đường đi hay

còn gọi là hiệu số đường đi. Hiệu số đường đi xuất hiện cả trong trường hợp hai tia lan truyền trên cùng một đoạn đường nào đấy trong tinh thể. Có thể nói, tốc độ khác nhau của hai sóng ánh sáng đã tạo nên hiệu số đường đi.

Giả sử có hai sóng ánh sáng được tách ra trong tinh thể và lan truyền với tốc độ v_1, v_2 . Thời gian của hai sóng đi qua tinh thể là t_1 và t_2 . Giả thiết $v_1 < v_2$ và do đó $t_1 > t_2$ (H.21).



Hình 21. Giải thích công thức

$$\Delta = (n_1 - n_2)d:$$

1, 2 - phương dao động của hai tia;
d - chiều dày tinh thể.

Sóng 1 ra khỏi tinh thể chậm hơn sóng 2 một thời gian là $t_1 - t_2$. Ở ngoài không khí hai sóng lan truyền với tốc độ như nhau v . Do đó sóng 2 đã vượt trước một đoạn $\Delta = (t_1 - t_2) \cdot v$, Δ chính là hiệu số đường đi của hai tia sáng.

Thay thời gian bằng tỷ số $\frac{d}{v}$

$$\Delta = \left(\frac{d}{v_1} - \frac{d}{v_2} \right) v = \left(\frac{v}{v_1} - \frac{v}{v_2} \right) d$$

$$\Delta = (n_1 - n_2)d \text{ hay } \Delta = (n_g - n_p)d$$

Ở đây: d - chiều dày tinh thể;

n_1, n_2 – chỉ số chiết suất của tinh thể đối với tia 1 và 2.

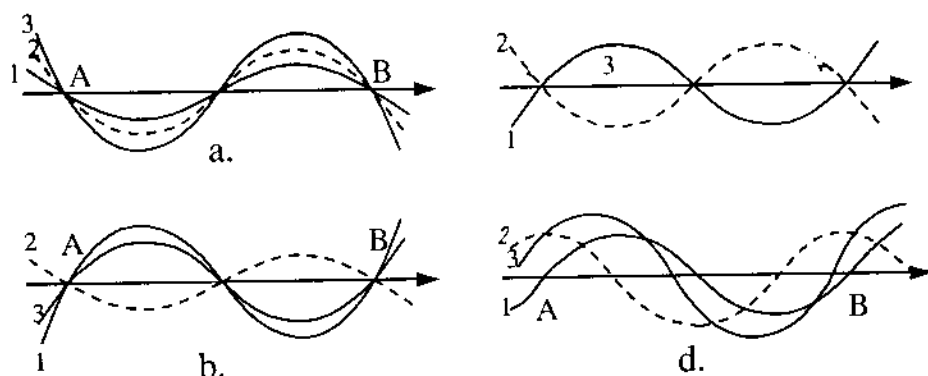
Công thức trên rất quan trọng, chỉ rõ hiệu số đường đi xuất hiện trong tinh thể tỷ lệ thuận với chiều dày của nó, với hiệu số chiết suất của các sóng có dao động thực hiện trong tiết diện đã cho của tinh thể.

Hiệu số chiết suất ($n_g - n_p$) còn được gọi là trị số lưỡng chiết suất.

2. Khái niệm về giao thoa ánh sáng đơn sắc

Nếu hai tia xuất phát từ một nguồn sáng, lan truyền theo cùng một phương, có một hiệu số đường đi thì có hiện tượng giao thoa. Giao thoa là hiện tượng cộng các dao động của hai tia tương ứng. Biên độ của dao động hỗn hợp có thể lớn hơn biên độ của các dao động thành phần, hoặc là nhỏ hơn hoặc là bằng không. Giao thoa chỉ xảy ra đối với các tia có chiều dài sóng giống nhau (tia sáng đơn sắc) và các dao động cùng nằm trong một mặt phẳng.

Giả sử có hai tia phân cực lan truyền theo phương AB (H.22) và các dao động của hai tia cùng nằm trên một mặt phẳng. Đoạn đường chênh lệch mà hai tia đã đi qua đến khi các dao động của chúng gặp nhau tại điểm A là hiệu số đường đi của hai tia.



Hình 22. Giao thoa ánh sáng:

- a. $\Delta = n\lambda = 2n \cdot \lambda/2$; b. $\Delta = n\lambda + \lambda/2 = (2n + 1) \cdot \lambda/2$;
 - c. Tương tự (b) nhưng biên độ dao động bằng nhau;
 - d. $2n \cdot \lambda/2 < \Delta < (2n + 1) \cdot \lambda/2$.
- Đường 1, 2 - Dao động giao thoa; 3 - Dao động hỗn hợp.

a - Nếu như hiệu số đường đi của các tia bằng số nguyên lần chiều dài sóng của tia sáng đơn sắc ($\Delta = n\lambda$) thì cả hai dao động gặp nhau tại điểm A trong cùng một pha. Tại mỗi một điểm của đoạn AB pha dao động của hai tia tương tự nhau. Trên H.22,a các đường 1 và 2 là dao động hình sin của hai tia. Biên độ của dao động hỗn hợp bằng tổng biên độ của dao động 1 và 2 ($A_3 = A_1 + A_2$).

b - Nếu hiệu số đường đi bằng nguyên lần chiều dài sóng cộng với nửa sóng, nghĩa là $\Delta = n\lambda + \frac{\lambda}{2} = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ thì các dao động gặp nhau tại điểm A ngược pha nhau. Tại mỗi một điểm của đoạn AB các dao động 1 và 2 ngược chiều nhau và làm yếu lẫn nhau. Biên độ của dao động hỗn hợp 3 bằng hiệu biên độ của các dao động 1 và 2 ($A_3 = A_1 - A_2$) (H.22,b).

c - Trường hợp biên độ của các tia giao thoa 1 và 2 bằng nhau nên biên độ dao động hỗn hợp bằng 0 và thấy hai tia tối (H.22,c).

d - Nếu hiệu số đường đi không bằng nguyên lần một nửa chiều dài sóng thì biên độ dao động hỗn hợp có trị số nằm trung gian giữa tổng số và hiệu số biên độ của các tia giao thoa (H.22,d).

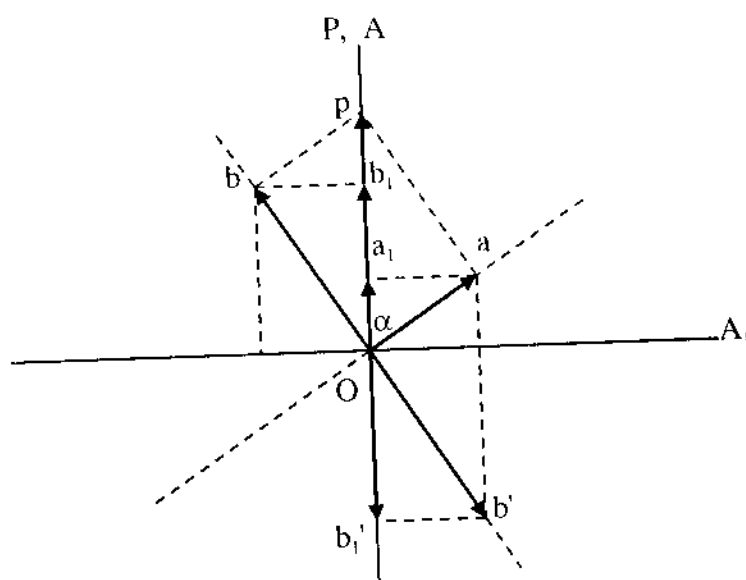
3. Giao thoa trong nicôn song song và trực giao. Dùng ánh sáng đơn sắc

Trong tinh thể dao động ánh sáng thực hiện trong các mặt phẳng trực giao nhau sẽ không có giao thoa. Giao thoa của các tia sáng chỉ có thể xảy ra sau khi chuyển các dao động của chúng vào một mặt phẳng. Kính phân tích thực hiện nhiệm vụ này.

3.1. Trong nicôn song song: Tia với biên độ dao động O_p phân thành hai tia trong tinh thể với các biên độ $O_a = O_p \cos \alpha$ và $O_b = O_p \sin \alpha$ (H.23).

Để xét cho thuận lợi ta giả thiết rằng chiều dài sóng ứng với dao động O_a được xếp thành số nguyên lần theo chiều dày của tinh thể, còn chiều dài sóng ứng với dao động O_b cũng được xếp thành số nguyên lần theo chiều dày tinh thể (nhưng trị số nguyên lần sẽ khác). Như vậy hiệu

số đường đi tạo nên trong tinh thể bằng số nguyên lần chiều dài sóng. Trong trường hợp này dao động đi ra khỏi tinh thể có cùng pha với dao động của tia sáng đi vào. Trong kính phân tích mỗi một sóng ánh sáng lại phân thành hai với các dao động theo phương OA (trùng với OP) và theo OA₁ trực giao với OA. Chỉ có các dao động thực hiện theo OA mới qua được kính phân tích, biên độ $Oa_1 = Oa \cos \alpha = Op \cos^2 \alpha$ và $Ob_1 = Ob \sin \alpha = Op \sin^2 \alpha$. Trên H.23 thấy các dao động Oa_1, Ob_1 thực hiện theo cùng một phía và do đó giao thoa được tăng cường.



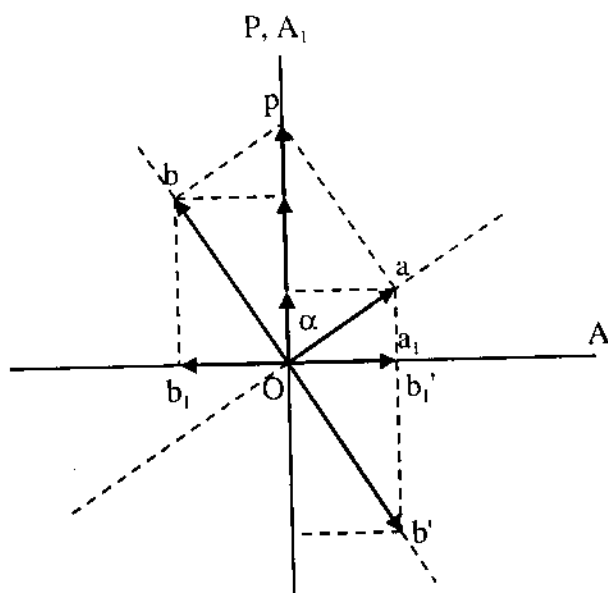
Hình 23. Giải thích giao thoa trong nicôn song song.

Nếu chiều dài sóng ứng với dao động Oa xếp theo chiều dày tinh thể thành số nguyên lần, còn chiều dài sóng ứng với Ob xếp thành số nguyên lần cộng thêm nửa chiều dài sóng thì hiệu số đường đi bằng số lẻ bán sóng. Trường hợp này tia sáng với dao động Oa ra khỏi tinh thể cùng pha với tia đi vào và tia với dao động Ob – trong pha ngược lại, ký hiệu là Ob' ($Ob' = Ob$ nhưng ngược chiều). Trong kính phân tích Ob' cho vectơ thành phần Ob'_1 ngược chiều với Oa_1 , do vậy cường độ giao thoa giảm xuống. Khi góc $\alpha = 45^\circ$ thì biên độ $Ob'_1 = Oa_1$ và giao thoa bị triệt tiêu.

Như vậy, trong nicôn song song khi $\Delta = 2n \frac{\lambda}{2}$ thì các biên độ cộng nhau và khi $\Delta = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$ thì các biên độ trừ nhau.

3.2. Trong nicôn trực giao

Như trường hợp trước, có hai tia được tách ra trong tinh thể với biên độ dao động $Oa = Opcos\alpha$ và $Ob = Opsin\alpha$ (H.24).



Hình 24. Giải thích giao thoa trong nicôn trực giao.

Một lần nữa giả thiết rằng chiều dài sóng của hai tia được xếp thành số nguyên lần theo chiều dày tinh thể. Theo điều kiện này hiệu số đường đi của hai tia trong tinh thể bằng nguyên lần chiều dài sóng, $\Delta = n\lambda$ và hai tia ra khỏi tinh thể có các dao động cùng pha với tia đi vào. Trong kính phân tích mỗi một dao động lại phân thành hai. Chỉ có các tia với dao động theo phương $OA \perp OP$ mới qua được kính phân tích. Theo phương OA, các dao động Oa và Ob cho các dao động thành phần $Oa_1 = Oasin\alpha = Opcos\alpha sin\alpha$ và $Ob_1 = Obcos\alpha = Opsin\alpha cos\alpha$, do đó $Oa_1 = Ob_1$.

Trên H.24 thấy các vectơ Oa_1 và Ob_1 ngược chiều nhau và khi giao thoa chúng sẽ triệt tiêu nhau. Nếu chiều dài sóng ứng với dao động Oa được xếp thành số nguyên lần theo chiều dày tinh thể, còn chiều dài sóng ứng với Ob được xếp thành số nguyên lần cộng với một nửa chiều dài sóng thì hiệu số đường đi của hai tia trong tinh thể $\Delta = n\lambda + \frac{\lambda}{2}$.

Trong trường hợp này tia với dao động Ob ra khỏi tinh thể ngược pha với tia đi vào. Vectơ Ob được thay bằng vectơ Ob' và biên độ thành phần theo phương OA là Ob'_1 . Vectơ $Ob'_1 = Oa_1$ và trùng với Oa_1 . Các biên độ Ob'_1 và Oa_1 cộng nhau và giao thoa được tăng cường.

Tóm lại, điều kiện giao thoa trong nicôn trực giao ngược với nicôn song song: Khi $\Delta = 2n\frac{\lambda}{2}$ - các biên độ triệt tiêu lẫn nhau, khi $\Delta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ - các biên độ cộng nhau.

4. Giao thoa ánh sáng trắng. Thang màu giao thoa

Ở trên chỉ xét hiện tượng giao thoa đối với tia sáng đơn sắc. Trường hợp ánh sáng trắng hiện tượng giao thoa còn phức tạp hơn.

Chiều dài sóng ánh sáng trắng nằm trong giới hạn từ $380 \div 780$ nm. Hiệu số đường đi xuất hiện trong tinh thể đối với các tia cùng chiều dài sóng sẽ bằng số chẵn và đối với các tia khác sẽ bằng số lẻ của nửa chiều dài sóng. Vì vậy các sóng ánh sáng có cùng chiều dài sóng nằm trong thành phần ánh sáng trắng khi giao thoa chúng sẽ triệt tiêu nhau, còn những sóng ánh sáng khác – ngược lại sẽ được tăng cường. Do tỷ lệ cường độ của các màu khác nhau khi giao thoa là khác hơn trong ánh sáng trắng, cho nên thấy tinh thể hình như nhuộm màu.

Trong bảng N^o1 là sự phụ thuộc của màu giao thoa và sắc thái của màu vào hiệu số đường đi trong nicôn trực giao. Số liệu trong bảng cho thấy, hiệu số đường đi càng tăng thì màu sắc giao thoa lặp lại theo chu

kỳ. Do vậy có thể chia thang màu giao thoa thành các bậc và giới hạn giữa các bậc là màu tím.

Thang màu giao thoa trong nicôn trực giao

Bảng N^o 1

Δ , nm	Sắc thái màu	Màu	Bậc màu
0	Đen	Đen	0
	Xám thép	Xám	I
65	Xám phớt xanh nước biển		
130	Xám phớt xanh nước biển và lá cây sáng		
220	Trắng phớt xanh nước biển và lá cây	Trắng	
245	Trắng		
270	Vàng	Vàng	
350	Hung nâu		
410	Da cam		
470	Da cam phớt đỏ	Đỏ	
490	Đỏ		
505	Đỏ tươi		
515	Tím đỏ	Tím	
550			
	Tím xanh nước biển	Xanh nước biển	II
570	Xanh chàm		
585	Xanh nước biển		
625	Xanh nước biển phớt xanh lá cây		
705	Xanh lá cây phớt xanh nước biển		
760	Xanh lá cây	Xanh lá cây	
795	Xanh lá cây phớt vàng		
830	Vàng phớt xanh lá cây	Vàng	
870	Vàng		

925	Da cam		
935	Da cam đỏ		
990	Đỏ	Đỏ	II
1025	Đỏ tươi		
1040	Tím đỏ		
1105		Tím	
	Tím xanh nước biển		
1135	Xanh chàm		
1150	Xanh nước biển	Xanh nước biển	
1165	Xanh nước biển phớt xanh lá cây		
1200	Xanh lá cây phớt xanh nước biển		
1285	Xanh lá cây	Xanh lá cây	
1325	Xanh lá cây phớt vàng		III
1380	Vàng phớt xanh lá cây		
1425	Vàng sáng	Vàng	
1440	Da cam		
1470	Đỏ	Đỏ	
1550	Đỏ tươi		
1590	Tím đỏ		
1675		Tím	
	Tím phớt xám		IV

Trong bậc đầu tiên gồm các màu: xám, trắng, vàng, đỏ, tím. Bậc thứ hai và các bậc tiếp theo gồm các màu: xanh nước biển, xanh lá cây, vàng, đỏ, tím.

Trong bậc I có màu xám và trắng mà các dãy còn lại không có. Ngược lại, trong bậc I không có màu xanh nước biển và xanh lá cây.

Có thể quan sát thang màu giao thoa bằng thanh chêm thạch anh. Thanh chêm dài $4 \div 5$ cm, rộng gần 1 cm, đầu dày nhất $0,2 \div 0,3$ mm, đầu mỏng gần 0 mm. Đặt chêm thạch anh vào vị trí chéo góc của hệ

nicôn trực giao, khi dịch chuyển đầu móng về phía trước quan sát thấy liên tục các màu giao thoa từ xám bậc I đến các màu bậc III, IV. Màu tím giới hạn giữa các bậc rất khó thấy do bị phủ bởi màu đỏ và màu xanh nước biển.

Trong bậc I và II sắc thái các màu thể hiện khá rõ nét. Các bậc sau màu nhạt dần dần và bị phủ lên nhau. Bắt đầu từ bậc IV ÷ V, mỗi một bậc tiếp theo thấy hình như chỉ có hai phần màu – xanh lá cây phớt xanh nước biển sáng và hồng nhạt, đôi khi còn xuất hiện sắc thái ánh xà cừ. Khi hiệu số đường đi rất lớn thấy các màu sắc phủ chồng nhau và xuất hiện màu trắng giao thoa các bậc cao nhất.

Thứ tự màu sắc giao thoa trong nicôn song song giống như trong nicôn trực giao. Điểm khác nhau là thang màu trong nicôn song song dịch chuyển đi một nửa bậc so với thang màu trong nicôn trực giao. Màu tím xuất hiện ở giữa bậc I trong nicôn song song, còn trong nicôn trực giao màu tím lại xuất hiện ở giới hạn bậc I ÷ II. Màu xám và trắng nằm ở đầu bậc I trong nicôn trực giao tương ứng với màu vàng và nâu trong nicôn song song (bảng N^o2).

Quan sát và so sánh màu giao thoa trong nicôn song song khó khăn hơn trong nicôn trực giao. Trong số các tinh thể nằm trong thị trường kính hiển vi chỉ có một vài tinh thể có màu sắc giao thoa rõ ràng, đa số tinh thể còn lại ngả màu trắng hoặc hoàn toàn trắng. Như đã biết, biên độ của các tia giao thoa trong nicôn song song sẽ giống nhau nếu như các dao động trong tinh thể tạo một góc 45^0 với dao động trong các nicôn. Chỉ ở điều kiện này các tia giao thoa ngược pha nhau mới hoàn toàn triệt tiêu nhau. Ở những vị trí góc khác 45^0 , biên độ của các tia giao thoa không bằng nhau, thậm chí đối với các tia có $\Delta = n\lambda + \frac{\lambda}{2}$ sẽ không bị triệt tiêu hoàn toàn khi giao thoa mà chỉ yếu đi và vì vậy thành phần định tính của ánh sáng không bị thay đổi. Màu sắc giao thoa ứng với hiệu số đường đi đã có sẽ bị pha loãng nhiều bởi ánh sáng trắng. Nếu góc giữa các phương dao động trong tinh thể và nicôn càng khác xa 45^0 thì tỷ phần

của ánh sáng trắng lớn đến mức không cho phép phân biệt được màu giao thoa.

Trong thực tế ít dùng hệ nicôn song song và chỉ dùng nó để nghiên cứu các tinh thể có lưỡng chiết yếu và rất yếu. Trong nicôn trực giao các tinh thể này có màu xám hoặc trắng, còn trong nicôn song song thấy các màu giao thoa khác nhau và nhờ đó có thể tìm được các tiết diện của tinh thể cần thiết cho việc xác định một vài tính chất quang học.

So sánh màu sắc giao thoa trong nicôn song song và trực giao

Bảng N^o2

Bậc màu	Trong nicôn song song	Trong nicôn trực giao
0	Trắng	Đen
I	Trắng	Xám
	Trắng phớt vàng	
	Nâu sáng	
	Da cam phớt đỏ	Trắng
	Đỏ	
	Đỏ thẫm	
	Tím thẫm	Vàng
	Xanh chàm	
	Xanh nước biển	
	Xanh nước biển phớt xanh lá cây	
	Xanh lá cây phớt xanh nước biển	Da cam
		Đỏ

Bảng N^o2 tiếp theo

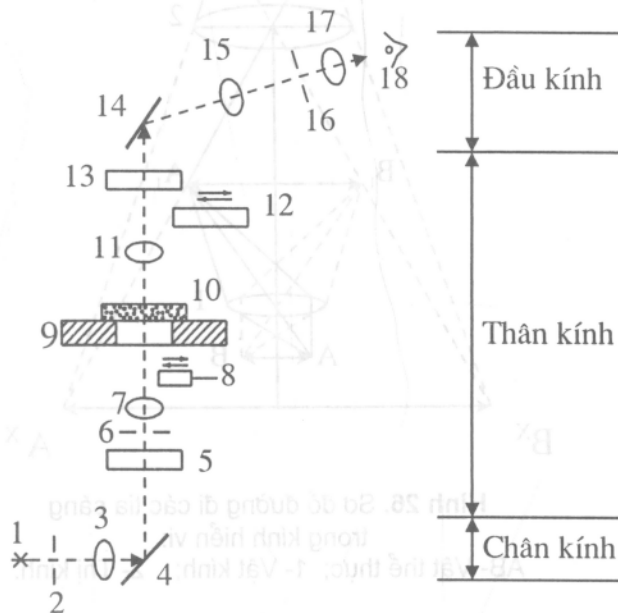
	Xanh lá cây	Tím đỏ
II	Xanh lá cây phớt vàng	Tím xanh nước biển
	Vàng	Xanh nước biển
	Da cam	Xanh lá cây
	Da cam phớt đỏ	
	Đỏ	
	Đỏ tươi	
	Đỏ thẫm	Xanh lá cây phớt vàng
	Tím	Vàng phớt xanh lá cây
	Xanh nước biển	Vàng
		Da cam
	Xanh lá cây	Đỏ
		Đỏ thẫm
Các bậc cao	Hồng nhạt	Xanh sáng lá cây phớt xanh nước biển
	Xanh sáng lá cây phớt xanh nước biển	Hồng nhạt
	Màu trắng các bậc cao nhất	Màu trắng các bậc cao nhất

PHẦN THỨ HAI

NGHIÊN CỨU TÍNH THỂ

BẰNG KÍNH HIỂN VI PHÂN CỰC

Sơ đồ cấu tạo kính hiển vi phân cực (hình 25).



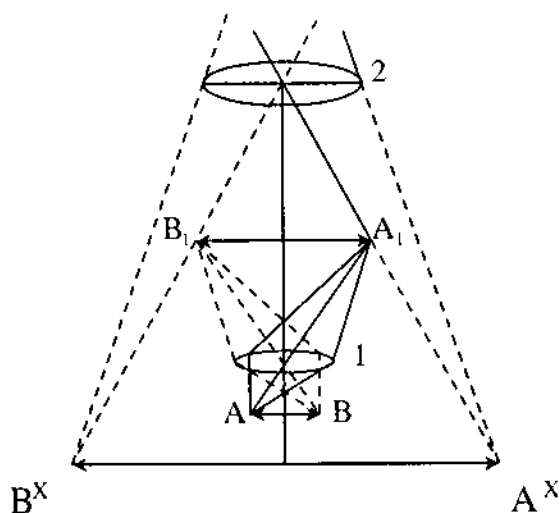
Hình 25. Sơ đồ cấu tạo:

1- Nguồn sáng, 2;6;16- Cửa điều chỉnh ánh sáng, 3;7- Tụ quang, 4; 14- Gương phản xạ, 5- Kính phân cực, 8- Tụ quang Lazo, 9- Bàn kính đặt mẫu, 10- Lát mẫu khoáng, 11- Vật kính, 12- Thanh bù trừ, 13- Kính phân tích, 15- Thấu kính Bertrand, 17- Thị kính, 18- Mắt quan sát.

Sơ đồ tạo ảnh trong kính hiển vi

Lý thuyết của kính hiển vi rất phức tạp. Ở đây chỉ nêu khái niệm đơn giản về đường đi của tia sáng và về sơ đồ tạo ảnh trong kính (H.26).

Mỗi một điểm của vật thể AB có thể được xem như tâm toả các chùm tia sáng. Vật kính 1 biến mỗi một chùm tia phân kỳ như vậy sang chùm hội tụ. Tất cả các tia xuất phát từ điểm A hội tụ tại điểm A_1 là ảnh thực của điểm A. Ảnh của điểm B là B_1 . Ảnh của tất cả các điểm nằm giữa A và B sẽ nằm giữa điểm A_1 và B_1 trên cùng một mặt phẳng - được gọi là mặt phẳng hiện ảnh. Nhìn qua thị kính 2, ảnh thực phóng đại và nghịch A_1B_1 được thấy ở dạng ảnh ảo $A^x B^x$ càng được phóng đại lớn hơn.



Hình 26. Sơ đồ đường đi các tia sáng trong kính hiển vi:
AB- Vật thể thực; 1- Vật kính; 2- Thị kính.

I. NGHIÊN CỨU TÍNH THỂ BẰNG KÍNH HIỂN VI PHÂN CỰC - DÙNG MỘT NICÔN

Để quan sát và nghiên cứu người ta chỉ dùng kính phân cực, còn kính phân tích được tách ra khỏi đường đi của các tia sáng. Sau đây là một số tính chất của tinh thể được nghiên cứu trong một nicôn.

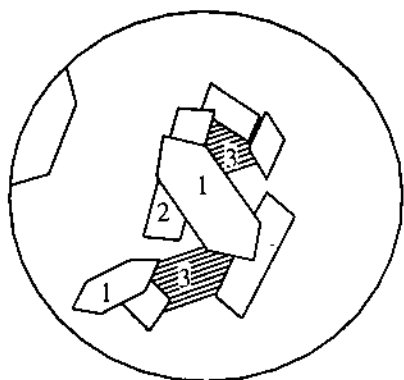
1. Hình dạng các khoáng

Vật liệu silicat cũng như các nguyên liệu thiên nhiên đa số gồm từ một vài loại khoáng. Hình dạng các khoáng phụ thuộc vào bản chất tự nhiên và điều kiện hình thành.

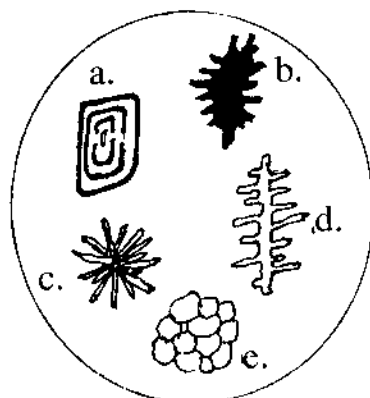
Yếu tố bản chất tự nhiên (thuộc tính) tạo cho khoáng có nhiều màu vẻ. Thí dụ tinh thể mulit thường có dạng hình kim hoặc lăng trụ, tinh thể periclaz có dạng đối xứng hình lục giác.

Điều kiện hình thành, thí dụ: thành phần hoá học, các tạp chất, độ nhớt của chất nóng chảy lỏng có tinh thể kết tinh, nhiệt độ, tốc độ và thứ tự kết tinh v.v... có ảnh hưởng rất lớn đến hình dạng tinh thể.

Khi kết tinh từ chất nóng chảy lỏng các khoáng khác nhau được tách ra theo một thứ tự nhất định. Các tinh thể tách ra đầu tiên trong một thể tích rộng rãi tạo nên dạng cân xứng nhiều mặt thuộc tính cho vật chất đó. Loại này được gọi là tinh thể tự hình (H.27). Các tinh thể hình thành trong giai đoạn thứ hai, một phần có dạng tự hình, một phần khác có hình dạng phụ thuộc vào thể tích tự do còn lại. Loại này được gọi là tinh thể nửa tự hình. Loại tinh thể hình thành vào giai đoạn cuối cùng có hình dạng sai lệch và thường nằm xen kẽ giữa những tinh thể tách ra trước. Loại này được gọi là tinh thể không tự hình.



Hình 27. Hình dạng tinh thể phụ thuộc vào thứ tự kết tinh:
1- Tự hình; 2- Nửa tự hình;
3- Không tự hình.



Hình 28. Các hình dạng tinh thể:
a- Cấu trúc vùng b- Dạng bộ xương ;
c- Kết tập hình cầu ; d- Kết tập dạng cành cây;
e- Kết tập dạng hạt.

Khi kết tinh của chất nóng chảy lỏng với thành phần hoá học không đồng nhất, có lẫn các tạp chất, thường hay gặp tinh thể có cấu trúc vùng. Song song với chu vi của mặt cắt tinh thể thấy có các vùng màu và không màu phân bố xen kẽ nhau (H.28,a).

Tinh thể có cấu trúc dạng bộ xương được hình thành khi chất nóng chảy lỏng bị làm nguội nhanh và có độ nhớt cao. Các cạnh và đỉnh của tinh thể phát triển nhanh hơn là ở tâm các mặt, do vậy thấy tinh thể có nhiều gờ, nhiều bậc (H.28,b). Phát triển dạng bộ xương chứng tỏ sự cung cấp không đồng đều và đầy đủ các ion kiến tạo mạng tinh thể, nguyên nhân là do độ nhớt cao của chất nóng chảy đã cản trở khuếch tán ion.

Trường hợp cùng một lúc hình thành một số lượng lớn các mầm, chồi tinh thể trong chất nóng chảy có độ nhớt cao thì có thể gặp các dạng kết tập tinh thể.

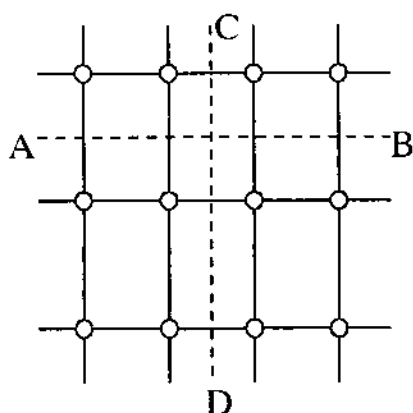
Kết tập hình cầu gồm các tinh thể nhỏ, dài, toả tia ra các hướng từ một tâm (H.28,c). Kết tập dạng cành cây gồm các tinh thể toả ra hai bên tương đối đều đặn (H.28,d). Kết tập dạng hạt gồm các tinh thể có dạng đối xứng (H.28,e). Ngoài ra còn có các kết tập dạng vẩy, dạng sợi v.v...

Hướng phát triển của tinh thể trong môi trường kết tinh có ảnh hưởng nhiều đến hình dạng tinh thể. Khi phát triển chủ yếu về một phương, tinh thể có dạng hình ống, hình lăng trụ, hình kim. Nếu tinh thể phát triển đều nhau theo các phương thì hình dạng tinh thể có tính đối xứng cao.

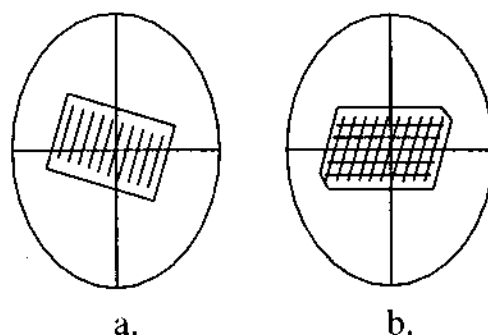
Quan sát hình dạng các khoáng trong lát mẫu thạch học chính là quan sát mặt cắt của chúng. Hình dạng mặt cắt tinh thể thường là dấu hiệu đặc biệt của một số khoáng. Thí dụ spinen manhedi ($\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$), manhetit ($\text{FeO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$) và các loại spinen khác thường có tiết diện vuông của khối bát diện, mulit có dạng hình kim, tridimit có tiết diện hình lưới móc v.v...

2. Tính cát khai

Cát khai là khả năng của một vài loại khoáng nứt ra theo những mặt phẳng nhất định. Mặt cát khai thường song song với các lưới phẳng của mạng tinh thể, cũng có nghĩa là song song với các mặt thực tế hoặc có thể của tinh thể. Cát khai có liên quan đến lực liên kết giữa các mặt mạng, thí dụ lực liên kết yếu hoặc các mặt mạng đứng xa nhau (H.29).



Hình 29. Tách các mặt mạng theo phương AB dễ hơn theo CD.



Hình 30. Cát khai theo:
a- Một phương; b- Hai phương.

Dưới kính hiển vi, cát khai trong tinh thể hiện ra ở dạng một mạng các vết nứt nhỏ thẳng và song song nhau (H.30). Trong một số khoáng vết cát khai đi theo một phương như talc ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), một số khác có cát khai theo hai hoặc nhiều phương cắt nhau theo những góc nhất định, thí dụ ở clinoenstatit ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) góc 88° , ở periclaz nấu chảy – góc 90° v.v...

Cát khai là một dấu hiệu chuẩn đoán quan trọng của khoáng. ở một số khoáng cát khai thấy rất rõ, thí dụ anoctit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Ở một số khác - thấy ít rõ như forsterit ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), một số khác hoàn toàn không có cát khai như canxedoan (SiO_2).

Khi mô tả cát khai cần chỉ rõ: mức độ hoàn thiện của cát khai (liên tục hay không liên tục, vết nứt mỏng hay dày v.v...), số phương cát khai, góc giữa các vết cát khai cắt nhau.

Góc cắt khai chỉ được xác định chính xác trong trường hợp mặt cắt lát mẫu trực giao với mặt cắt khai. Nếu là trực giao thì khi nâng lên hoặc hạ thấp lát mẫu xuống một ít thấy vết cắt khai vẫn không xê dịch trong thị trường và có dạng một đường thẳng mỏng.

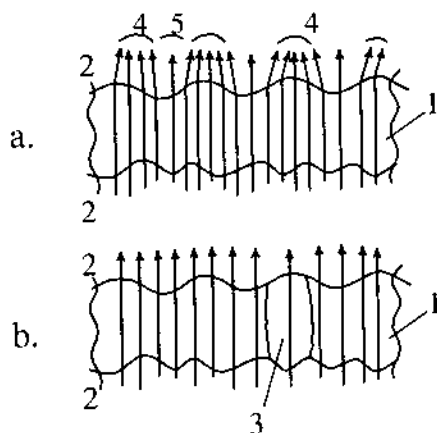
3. So sánh chiết suất của khoáng

3.1. Độ sần mặt nổi và viền nổi các hạt

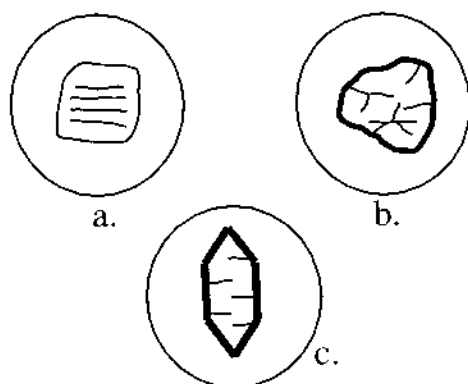
Mặt trên và dưới của lát mẫu khoáng luôn luôn không bằng phẳng do mài mẫu. Phía trên và dưới mặt lát mẫu có nhựa dán canada với chiết suất gần 1,54. Nếu chiết suất của khoáng rất khác so với 1,54 thì độ gồ ghề của bề mặt khoáng rất dễ thấy do hiện tượng phản xạ toàn phần bên trong hạt khoáng của các tia sáng, bề mặt khoáng trông giống như da sần – có chỗ sáng hơn, có chỗ tối hơn. Độ sần mặt nổi càng rõ nếu chênh lệch chiết suất giữa khoáng và nhựa canada càng lớn (H.31,a). Ngược lại nếu chiết suất của khoáng gần 1,54 thì độ gồ ghề của bề mặt hạt khoáng không làm thay đổi đường đi của tia sáng và độ gồ ghề bề mặt ít hiện rõ. Nếu khoáng không có màu sắc thì lại rất khó phân biệt với nhựa canada được chứa đầy trong các lỗ xộp của lát mẫu (H.31,b). Khi đã quen đặc điểm của độ sần mặt nổi người ta có thể phán định về hiệu số chiết suất giữa khoáng và nhựa canada.

Khoáng có chiết suất khác với môi trường xung quanh (nhựa canada, một loại khoáng khác), ngoài độ sần mặt nổi ra người ta còn thấy một đường viền đen rộng hoặc hẹp. Viền đen này được gọi là viền nổi. Người ta phân biệt các loại viền nổi yếu, mạnh và rất mạnh (H.32).

Viền nổi có thể là dương khi chiết suất của khoáng lớn hơn chiết suất của môi trường xung quanh rất nhiều. Trường hợp này thấy khoáng hình như nhô lên trên môi trường xung quanh. Nếu chiết suất của khoáng nhỏ hơn của môi trường xung quanh thì thấy khoáng hình như thấp hơn bề mặt xung quanh, khi đó có viền nổi âm.



Hình 31. Độ sắc mặt nổi:
a- Chênh lệch chiết suất của khoáng-
nhựa canada lớn;
b- Chênh lệch chiết suất của khoáng-
nhựa canada nhỏ và rất nhỏ.
1- Khoáng; 2- Nhựa canada; 3- Lỗ xốp;
4- Vùng sáng hơn; 5- Vùng tối hơn.



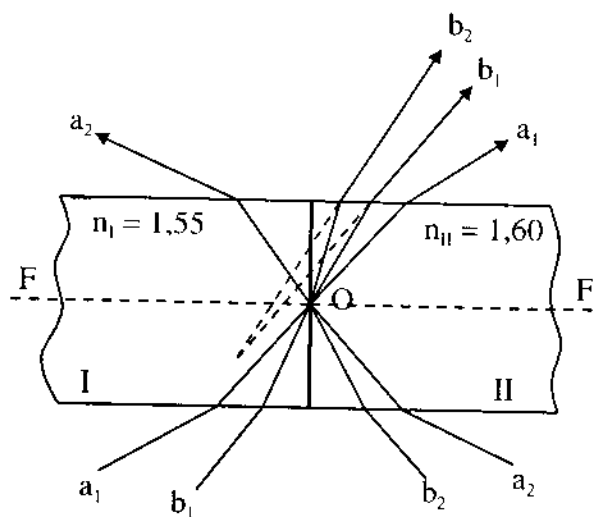
Hình 32. Viền nổi hạt khoáng
a- Yếu; b- Mạnh ; c- Rất mạnh.

3.2. Vành Becke

Chênh lệch chiết suất giữa hai môi trường (khoáng cạnh khoáng hoặc khoáng cạnh nhựa canada) làm xuất hiện không những đường viền nổi mà còn làm xuất hiện một đường viền sáng mỏng tại ranh giới giữa hai môi trường. Viền sáng này gọi là vành Becke.

Tìm hai khoáng nằm cạnh nhau và đường phân giới giữa chúng nằm ở gần tâm thị trường. Cần điều chỉnh kính tốt để thấy rõ nét các hạt khoáng. Sau đó dùng vi ốc để xê dịch bàn kính đặt lát mẫu lên hoặc xuống trong một giới hạn để còn thấy rõ các khoáng. Lúc này thấy tại vùng ranh giới của hai khoáng nổi lên một đường viền sáng mỏng – vành Becke sáng hơn thị trường xung quanh. Vành Becke chuyển dịch song song với bản thân mình và đi về phía một trong hai khoáng khi xê dịch bàn kính. Muốn quan sát rõ vành Becke tốt nhất nên dùng vật kính có độ phóng đại trung bình hoặc lớn, dùng ánh sáng yếu với các tia song song.

Nguyên nhân xuất hiện vành Becke:



Hình 33. Giải thích sự xuất hiện vành Becke.

Hình 33 là dạng cắt đứng của lát mẫu. Trong lát mẫu có hai khoáng I và II với chiết suất khác nhau: $n_I < n_{II}$ và giả sử $n_I = 1,55$, $n_{II} = 1,60$ cũng như mặt phân giới của khoáng I và II nằm thẳng đứng. Tia a_1 và a_2 đi xiên góc với bề mặt phân giới và cắt tại O. Tia a_1 ra khỏi lát mẫu về phía khoáng II, còn tia a_2 về phía khoáng I. Tia b_1 và b_2 đi thẳng đứng hơn so với mặt phân giới. Tia b_1 đến mặt phân giới từ khoáng I, ở đây bị khúc xạ và đi vào khoáng II. Tia b_2 đi từ khoáng II có chiết suất cao hơn và tại mặt phân giới tia b_2 bị phản xạ toàn phần do góc rơi lớn hơn góc tới hạn. Tia b_2 ra khỏi lát mẫu ở phía khoáng II.

Như vậy tại một điểm bất kỳ của mặt phân giới ánh sáng được lan truyền nhiều hơn ở phía khoáng có chiết suất lớn hơn. Nếu như cửa điều chỉnh ánh sáng của kính hiển vi đóng lại rất nhỏ để các tia xiên a_1 , a_2 và các tia cận chúng bị giữ lại thì ánh sáng qua mặt phân giới để đến khoáng I sẽ không có. Chỉ còn có chùm tia sáng đi qua lát mẫu ở phía khoáng II mà thôi, thí dụ: tia b_1 và b_2 .

Mặt hiện ảnh của kính hiển vi là mặt $F - F$ nằm cố định và vành Becke được hình thành chính là điểm cắt của chùm tia dư $b_1 - b_2$ với mặt $F-F$ ở vùng phân giới giữa hai khoáng I và II. Mặt cắt $F-F$ nằm cố định nên khi nâng bàn kính hiển vi lên thì điểm cắt của chùm tia rơi với mặt $F-F$ được di chuyển về phía khoáng có chiết suất nhỏ hơn và ngược lại.

Theo dõi sự di chuyển của vành Becke có thể rút ra quy tắc về so sánh chiết suất giữa hai khoáng: Khi nâng bàn kính lên thì vành Becke di chuyển về phía khoáng có chiết suất nhỏ hơn và khi hạ bàn kính xuống thì vành Becke di chuyển về phía khoáng có chiết suất lớn hơn. Quy tắc nêu trên phù hợp cho loại kính hiển vi mà ở đây hệ thống vật kính, thị kính là đứng cố định và bàn kính đặt lát mẫu được di động.

4. Màu sắc và tính đa sắc

Tinh thể cũng như các vật thể đẳng hướng quang học có thể có màu sắc hoặc không màu. Ánh sáng qua một vật thể bất kỳ nào cũng bị hấp phụ một phần và do đó yếu đi.

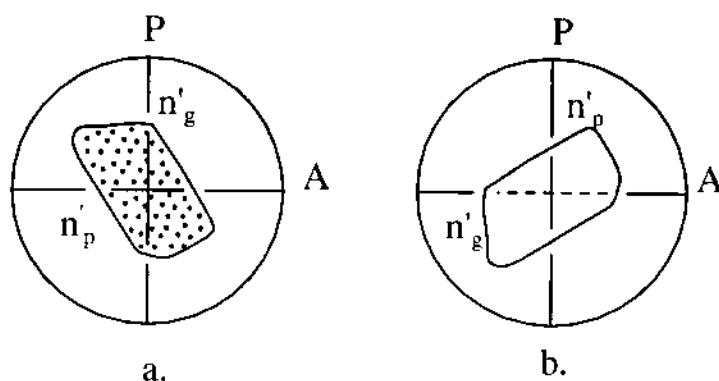
Nếu vật thể làm yếu các tia của mọi màu như nhau thì thành phần ánh sáng đi qua nó vẫn không thay đổi, ánh sáng trắng vẫn hoàn trắng. Nếu như sóng ánh sáng ứng với các màu khác nhau bị hấp phụ ở những mức độ khác nhau thì vật thể đó có tính hấp phụ chọn lọc. Ánh sáng trắng đi qua vật thể bị thay đổi thành phần và vật thể thấy hình như nhuộm màu. Như vậy màu sắc của vật thể trong ánh sáng xuyên là kết quả hấp phụ có chọn lọc ánh sáng bởi vật thể. Thí dụ, khi hấp phụ hầu hết các tia sáng trừ tia đỏ – tinh thể có màu đỏ, khi hấp phụ mọi tia trừ màu vàng – tinh thể có màu vàng v.v...

Cường độ màu sắc phụ thuộc vào khả năng hấp phụ của vật chất và chiều dày mẫu khoáng. Tuy cùng một vật chất nhưng khoáng dày hơn thì thấy màu đậm hơn hoặc trở nên đục, khi mẫu khoáng mỏng hơn thì thấy màu nhạt hơn hoặc hoàn toàn trong suốt.

Việc hấp phụ ánh sáng trong các tinh thể bất đẳng hướng, nói chung, là không giống nhau đối với mọi sóng ánh sáng dao động theo các phương khác nhau. Nếu thay đổi phương dao động của ánh sáng đi qua tinh thể thì màu sắc của tinh thể đồng thời cũng thay đổi theo. Thay đổi màu sắc tinh thể phụ thuộc vào phương dao động của ánh sáng gọi là tính đa sắc.

Có thể phát hiện tính đa sắc của tinh thể trong một nicôn bằng cách xoay bàn kính và theo dõi sự thay đổi màu sắc của tinh thể. Tinh thể có tính đa sắc nếu như khi xoay bàn kính thấy màu sắc hoặc độ đậm nhạt của màu sắc có sự thay đổi.

Nếu như biết phương dao động trong kính phân cực và biết tên các trục của tiết diện tinh thể thì rất dễ xác định màu sắc nào trong các màu đã được quan sát sẽ tương ứng với dao động n'_g và màu sắc nào ứng với dao động n'_p (H.34).



Hình 34. Tính đa sắc của tinh thể:

Tinh thể ở vị trí a: màu nâu thẫm và ở vị trí b: màu vàng sáng.
P là phương dao động trong kính phân cực: màu nâu thẫm ứng với dao động n'_g và màu vàng sáng - n'_p .

Đối với silicat tính đa sắc là một dấu hiệu chuẩn đoán quan trọng, không phải tất cả các khoáng có màu sắc đều có tính đa sắc. Thí dụ, rutin - TiO_2 (n_g - nâu thẫm; n_p - vàng sáng), monocromit canxi - $\text{CaO.Cr}_2\text{O}_3$ (n_g - xanh thẫm; n_p - xanh sáng) v.v...

5. Bao thể trong khoáng

Nhiều khi trong khoáng có chứa các vật thể lạ - gọi là bao thể. Bao thể hình thành trong khoáng lúc tinh thể của nó đang phát triển hoặc là do quá trình hoá lý xảy ra khi đốt nóng và làm nguội vật thể.

Phân biệt 3 loại bao thể: rắn, lỏng và khí. Bao thể rắn thường là các khoáng khác nhau. Thí dụ trong tinh thể tridimit (SiO_2) đôi khi thấy các tinh thể đục dạng hình khối rất nhỏ của manhetit ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), trong thạch anh – tinh thể hình kim của rutin (TiO_2), trong tinh thể periclaz (MgO) – các bao thể rất nhỏ của manhedioferrit ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Lượng bao thể đôi khi rất lớn làm cho khoáng trở nên đục trong ánh sáng xuyên.

Các bao thể lỏng và khí thường có dạng chuỗi, xích hoặc dạng các vòng.

Trong một số trường hợp, việc nghiên cứu các bao thể cho phép phán định về các phản ứng hoá học hoặc phản ứng phân huỷ xảy ra trong khi đốt nóng hoặc làm nguội vật liệu silicat (gốm sứ, vật liệu chịu lửa, xi măng v.v...) Thí dụ, ở nhiệt độ cao khoáng có thể hoà tan tạp chất lạ, khi hạ nhiệt độ tạp chất thường tách ra trong dạng những khoáng mới với kích thước nhỏ và nằm lẫn bên trong khoáng.

6. Xác định kích thước và hàm lượng các khoáng

Việc xác định kích thước và hàm lượng các khoáng có một ý nghĩa rất lớn trong quá trình tìm hiểu sự hình thành, cấu trúc và chi phối của khoáng đến các tính chất kỹ thuật và sử dụng vật liệu.

Kích thước khoáng được xác định bằng trắc vi thị kính. Hàm lượng thể tích và khối lượng của các khoáng được xác định trên cơ sở đo đặc diện tích hoặc kích thước chiều dài chiếm bởi các khoáng riêng biệt.

II. NGHIÊN CỨU TINH THỂ TRONG HỆ NICÔN TRỰC GIAO – DÙNG ÁNH SÁNG SONG SONG

1. Phát hiện lưỡng chiết suất

Đặt một lát mẫu của vật thể bất đẳng hướng quang học (vật chất vô định hình hoặc tinh thể hệ lập phương) giữa hai nicôn trực giao thì thấy thị trường kính hiển vi luôn luôn tối. Nguyên nhân là trong vật thể bất đẳng hướng quang học dao động của các tia sáng được thực hiện theo mọi phương trong không gian với biên độ giống nhau và tia sáng đi từ kính phân cực qua tinh thể sẽ không thay đổi phương dao động của mình và khi đi vào kính phân tích tia này bị hấp thụ hoàn toàn, nghĩa là thấy thị trường kính hiển vi tối.

Khi đặt vật thể bất đẳng hướng (các tinh thể thuộc hạng thấp và hạng trung) trên bàn kính giữa hai nicôn trực giao thì thấy vật thể sẽ sáng và nhuộm màu cả trong trường hợp bản thân nó trong suốt. Màu này là màu giao thoa của tinh thể.

Như đã biết, dao động của ánh sáng trong vật thể bất đẳng hướng được thực hiện theo hai phương trực giao nhau. Trong trường hợp tổng quát khi các phương dao động trong vật thể bất đẳng hướng đặt giữa hệ nicôn trực giao trùng với phương dao động của hai nicôn thì vật thể đó sẽ tối, còn nếu các phương dao động trong tinh thể không trùng với các phương dao động của hai nicôn thì tinh thể sẽ sáng và nhuộm màu. Khi xoay bàn kính đặt mẫu tinh thể đúng một vòng 360^0 thì tinh thể sẽ có 4 lần tối và 4 lần sáng, vấn đề này đã được làm sáng tỏ trong những nội dung trước. H.35 là sơ đồ tia sáng đi qua tinh thể bất đẳng hướng đặt trong hệ nicôn trực giao.

Tóm lại, theo diễn biến của màu sắc tinh thể trong nicôn trực giao người ta có thể phân biệt được tinh thể hạng cao hệ lập phương với các tinh thể hạng thấp và hạng trung.

2. Xác định trị số lưỡng chiết suất

Trị số lưỡng chiết suất là hiệu số giữa trị số chiết suất lớn nhất (n_g) và bé nhất (n_p) của tinh thể.

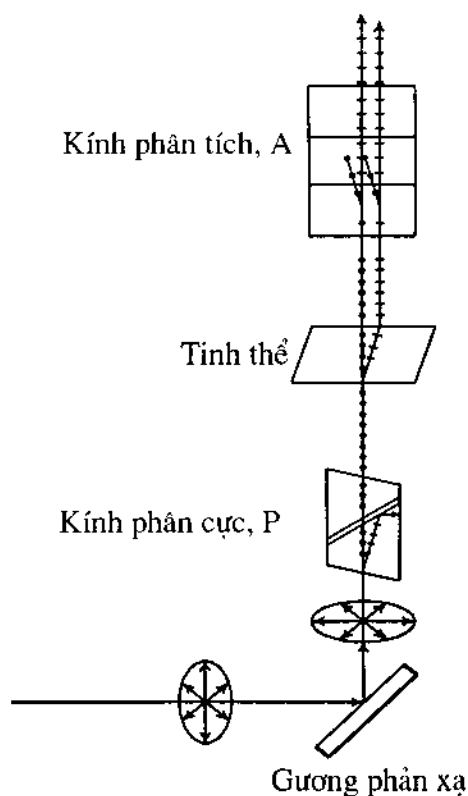
Theo công thức $\Delta = (n_g - n_p)d$ suy ra $(n_g - n_p) = \Delta/d$. Do đó nếu biết Δ và d thì xác định được $(n_g - n_p)$.

Trị số lưỡng chiết là một đặc tính quan trọng khi xác định khoáng trong lát mẫu thạch học. Cần phân biệt trị số lưỡng chiết ($n_g - n_p$) với $n'_g - n'_p$. Trị số $n'_g - n'_p$ là trị số lưỡng chiết của một tiết diện bất kỳ trong tinh thể. Chỉ số n'_g và n'_p trong các mặt cắt khác nhau đều khác nhau. Nói chung $n'_g < n_g$ và $n'_p > n_p$ nên trị số $(n_g - n_p)$ luôn luôn lớn hơn $n'_g - n'_p$.

Hiệu số $n_g - n_p$ lớn nhất đối với tinh thể đơn trục khi mặt cắt lát mẫu song song với trục quang học, còn trong tinh thể lưỡng trục – mặt cắt song song với mặt chứa các trục quang học (hoặc trục giao với trục n_m). Như vậy muốn xác định chính xác trị số lưỡng chiết ta cần chọn hạt khoáng nào trong lát mẫu có màu sắc giao thoa cao nhất.

Tóm lại, muốn xác định trị số lưỡng chiết cần phải:

1. Tìm trong lát mẫu hạt khoáng có màu giao thoa cao nhất.
2. Kiểm tra tiết diện đã chọn của hạt khoáng bằng ánh sáng hội tụ.



Hình 35. Sơ đồ tia sáng đi qua tinh thể bất đẳng hướng trong hệ nicol trực giao.

Ký hiệu:  : các dao động của tia sáng tự nhiên
 ; — : các dao động của tia sáng phân cực.

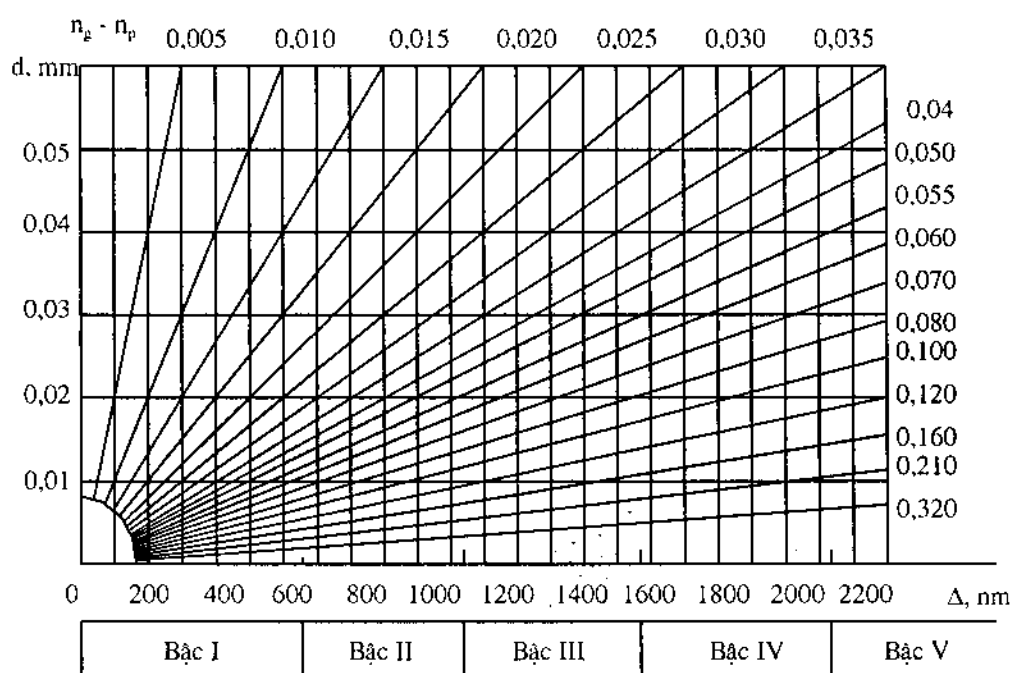
3. Đo chiều dày hạt khoáng (chiều dày lát mẫu chứa hạt khoáng nằm trong giới hạn $0,020 \div 0,030$ mm và thường là $0,025 \div 0,027$ mm).

4. Xác định hiệu số đường đi thông qua việc xác định bậc màu giao thoa.

Bảng màu Misen-Lévi. Xác định gần đúng trị số lưỡng chiết

Tìm được hiệu số đường đi và chiều dày tinh thể thì có thể xác định được $n_g - n_p$ theo công thức hoặc theo biểu đồ bảng màu Misen – Lévi.

Trong bảng màu (H.36) theo trục ngang hiệu số đường đi, theo trục đứng – chiều dày lát mẫu. Các đường thẳng nằm xiên đi ngang qua gốc tọa độ tương ứng với các trị số lưỡng chiết (ghi ở mép trên và mép phải của bảng). Trong bảng còn tô tất cả các dải màu giao thoa ứng với các đại lượng hiệu số đường đi.



Hình 36. Bảng màu Misen-Lévi.

Muốn xác định trị số lưỡng chiết, trước tiên cần tìm điểm cắt của đường nằm ngang (chiều dày d) với đường thẳng đứng (đại lượng Δ) và sau đó vẽ đường xuyên gốc tọa độ qua điểm cắt này và cắt mép nằm ngang phía trên và mép phải. Điểm cắt trên các mép trên và mép phải cho ta trị số lưỡng chiết cần tìm.

Trị số lưỡng chiết tìm theo bảng màu Misen-Lêvi không hoàn toàn chính xác và có thể chấp nhận được. Xác định khoáng theo tính chất quang học thường chỉ cần xác định gần đúng trị số lưỡng chiết và đặc tính lưỡng chiết của khoáng. Việc đánh giá sơ bộ như vậy là tương đối dễ dàng nếu như lát mẫu có chiều dày bình thường.

Bằng cách quan sát màu giao thoa của tinh thể ta vẫn có thể quy khoáng về 1 trong 6 nhóm đặc tính lưỡng chiết sau đây:

a. Lưỡng chiết rất yếu: Màu sắc giao thoa của khoáng không cao hơn xám thép bậc I. Trị số $n_g - n_p \leq 0,005$. Các khoáng silicat trong nhóm này có tridimit (SiO_2), cristobalit (SiO_2).

b. Lưỡng chiết yếu: Màu giao thoa ngoài xám thép ra còn gặp màu cao hơn nhưng không quá màu vàng sáng bậc I. Trị số $n_g - n_p$ từ 0,005 đến 0,010. Trong nhóm này có thạch anh (SiO_2), andaluzit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), fenpat kali ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), corindon ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), alit ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) v.v...

c. Lưỡng chiết trung bình: Bên cạnh màu xám sáng, vàng sáng, còn gặp các hạt có màu sắc giao thoa cao hơn nhưng không quá màu xanh nước biển bậc II. Trị số lưỡng chiết từ $0,010 \div 0,025$. Trong nhóm này có mulit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), montixelit ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), belit ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), volastonit ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), anoctit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) v.v...

d. Lưỡng chiết mạnh: Ngoài các màu giao thoa nêu trên còn thấy các hạt có màu xanh lá cây. Trị số lưỡng chiết từ 0,025 đến 0,100. Trong nhóm này có forsterit ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), zircon ($\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$) v.v...

e. Lưỡng chiết rất mạnh: Trị số lưỡng chiết từ 0,100 đến 0,180. Màu sắc giao thoa của một vài hạt khoáng có sắc thái phớt hồng, phớt

xanh lá cây hoặc tím đỏ xà cừ. Trong nhóm này có canxit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

f. Lượng chiết đặc biệt mạnh: Trị số lượng chiết lớn hơn 0,180 và ứng với màu sắc giao thoa trắng của các bậc cao nhất.

3. Đặc điểm tất tinh thể của các hệ tinh thể. Tất song tinh và tất tinh thể hình cầu

3.1. Đặc điểm tất của các hệ tinh thể

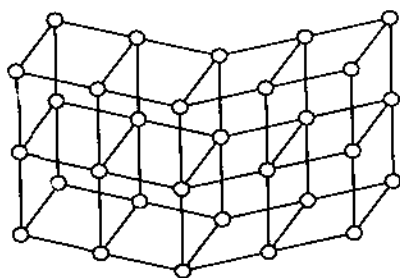
Tinh thể của tất cả các hệ, trừ hệ lập phương, đều có hiện tượng tất trong nicôn trực giao. Góc tất là góc giữa một trong các phương dao động ánh sáng tại tiết diện đã cho của tinh thể với một phương nào đấy trong các phần tử tinh thể học. Phương của phần tử tinh thể học có thể là vết cắt các mặt – cạnh của đường viền bao quanh tinh thể hoặc là vết cắt khai v.v... Trong cùng một tinh thể góc tất có thể khác nhau tùy theo vị trí của mặt cắt tinh thể trong lát mẫu và vị trí các góc nằm giữa những phương nào cần đo. Cho nên thường chỉ yêu cầu xác định đặc điểm tất tinh thể (tất đứng, tất xiên, tất đối xứng) để nhận biết tinh thể đang khảo sát thuộc vào hạng, hệ tinh thể nào.

Xuất phát từ hình dạng hình học của tinh thể cũng như từ vị trí các mặt cắt tinh thể mà người ta đã quan sát và đưa ra các nhận xét như sau: tất đứng và tất đối xứng phần lớn xảy ra đối với các tinh thể thuộc các hệ ba phương, bốn phương, sáu phương và trục thoi, còn ở hệ một phương xiên tất đứng chỉ có ở mặt cắt tinh thể song song với trục Y tinh thể học. Tất xiên phần lớn xảy ra đối với các tinh thể hệ ba phương xiên và đối với mọi mặt cắt tinh thể của hệ một phương xiên trừ các mặt cắt song song với trục Y.

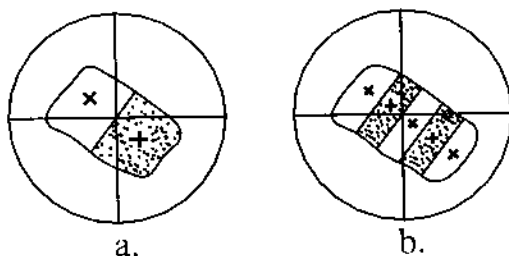
3.2. Tất song tinh

Song tinh là một kết hợp có định hướng của hai tinh thể, trong đó có một mặt chung cho hai tinh thể gọi là mặt song tinh. Tại vị trí này mặt

mạng của hai tinh thể trùng nhau (H.37). Hệ thống mạng này có thể trùng với hệ thống mạng kia nếu ta xoay nó 180° quanh một trục nhất định gọi là trục song tinh hoặc cho chiếu qua mặt mạng chung.



Hình 37. Kiến trúc mạng ghép song tinh.



Hình 38. Tắt của chổi song tinh dưới kính hiển vi:
a- Song tinh đơn giản;
b- Song tinh đa hợp.

Song tinh có thể phát hiện được theo các định hướng của hai tinh thể đối với mặt lát mẫu – tức theo vị trí tắt khác nhau của chúng. Khi một chổi tinh thể tắt thì trong chổi kia các phương dao động của ánh sáng có thể không trùng với phương dao động trong các nicôn và sẽ thấy nó sáng (H.38) và ngược lại.

Trong silicat thường gặp song tinh đa hợp ở các khoáng anocit, clinoenstatit, canxit v.v...

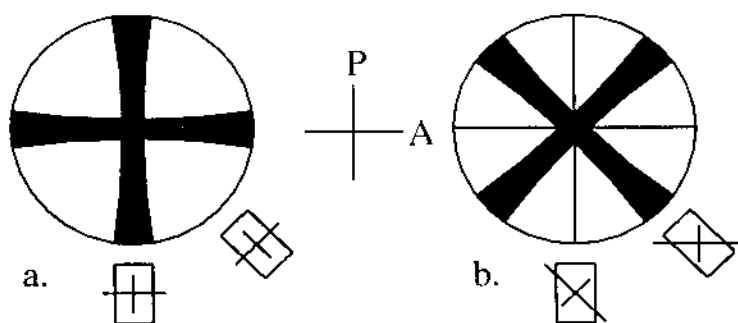
3.3. Tắt tinh thể hình cầu

Trong các loại xỉ, trong thủy tinh bị kết tinh hoặc trong một vài loại khoáng thiên nhiên đôi khi có thể thấy các cấu trúc dạng hình cầu.

Tinh thể hình cầu thực chất được tạo nên do sự phát triển của một số tinh thể cùng một tâm. Các tinh thể tạo nên hình cầu thường bị kéo dài theo bán kính hình cầu và kích thước của chúng vô cùng nhỏ, thường không thể phân biệt được cả trong trường hợp dùng kính với độ phóng đại lớn.

Trường hợp nếu các sợi tinh thể mỏng tạo nên hình cầu có tắt đúng thì trong nicôn trực giao thấy hình cầu ở dạng chữ thập đen và các nhánh

chữ thập luôn nằm song song với các nhánh vạch chữ thập trong thị trường (H.39, a). Nếu các sợi tinh thể tắt xiên thì vạch chữ thập xoay đi một góc nào đấy so với vạch chữ thập trong thị trường. Khi xoay bàn kính, vạch chữ thập trong hình cầu vẫn đứng yên tại một chỗ trong thị trường (H.39, a,b).



Hình 39. Tắt tinh thể hình cầu:
a- Tắt đứng ; b- Tắt xiên.
P, A- phương dao động trong các nicôn.
Phía bên dưới là phương dao động trong các sợi tinh thể tạo nên hình cầu.

4. Dấu kéo dài của tinh thể

4.1. Tính song song thuận và song song nghịch

Giả sử ta đặt hai tinh thể lên nhau để cho các phương dao động trong chúng song song nhau.

Ký hiệu phương dao động và chiết suất trong tinh thể thứ nhất là n'_{gI} và n'_{pI} , trong tinh thể thứ hai là n'_{gII} và n'_{pII} .

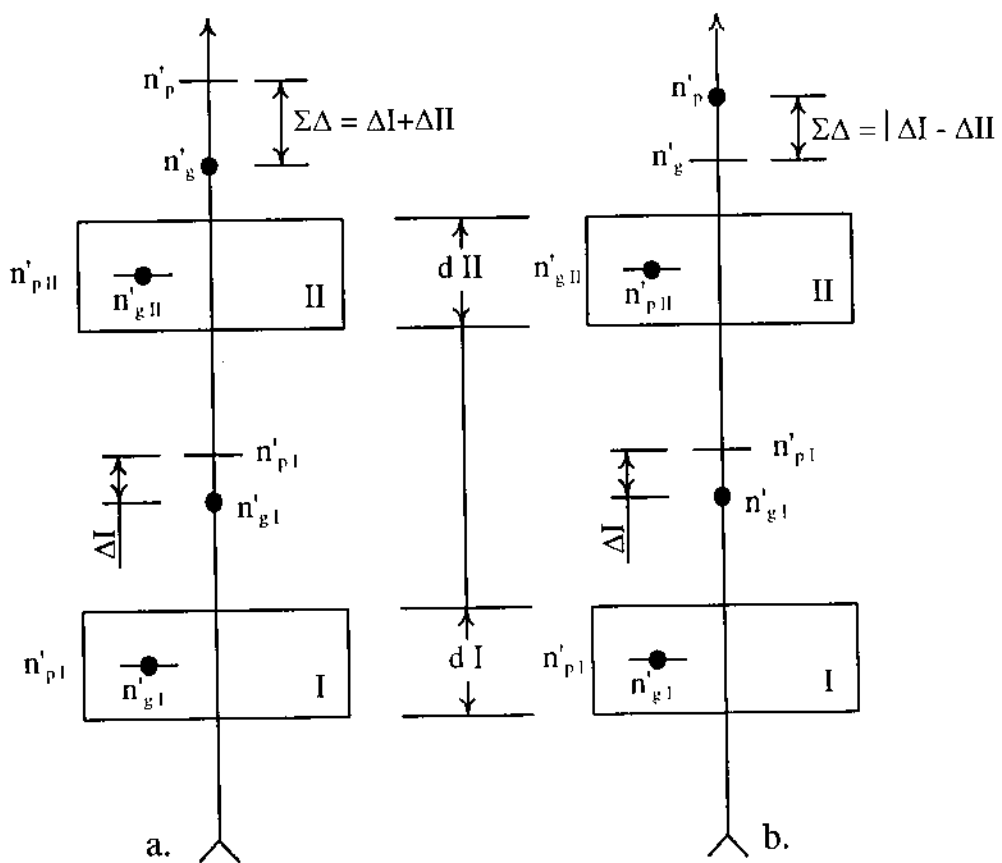
Ở đây có thể có hai trường hợp:

- *Song song thuận:* Khi các dao động cùng tên của hai tinh thể trùng nhau, nghĩa là $n'_{gI} // n'_{gII}$ và $n'_{pI} // n'_{pII}$.

- *Song song nghịch:* Khi các dao động khác tên của hai tinh thể trùng nhau, nghĩa là $n'_{gI} // n'_{pII}$ và $n'_{pI} // n'_{gII}$.

Hiệu số đường đi khi song song thuận và song song nghịch

Trên H.40 có các dao động của một sóng ánh sáng nằm trong mặt phẳng hình vẽ, còn của sóng kia – trực giao mặt hình vẽ (biểu diễn bằng các chấm điểm). Trong tinh thể thứ nhất sóng có dao động theo n'_{gI} chậm hơn là sóng có dao động theo n'_{pI} một trị số ΔI (hiệu số đường đi). Khi ra khỏi tinh thể I, các sóng này lan truyền trong không khí với tốc độ bằng nhau và vẫn cách nhau một cự ly ΔI . Đi vào tinh thể thứ II, trong trường hợp song song thuận, sóng ánh sáng với dao động theo n'_{pI} (H.40, a) lại dao động theo n'_{pII} và một lần nữa có tốc độ lớn hơn so với sóng có dao động theo n'_{gII} . Cự ly giữa hai sóng ánh sáng trong tinh thể II là ΔII . Hiệu số đường đi cuối cùng sẽ bằng $\Sigma\Delta = \Delta I + \Delta II$



Hình 40. Hiệu số đường đi của các sóng ánh sáng qua hai tinh thể khi:
a- song song thuận; b- song song nghịch.

Trong trường hợp song song thuận, hiệu số đường đi cuối cùng của các sóng qua hai tinh thể bằng tổng hiệu số đường đi của các sóng qua từng tinh thể.

Trong trường hợp song song nghịch (H.40,b), sóng ánh sáng dao động theo n'_{pI} khi ra khỏi tinh thể I đi nhanh hơn và trong tinh thể II lại dao động theo n'_{gII} nghĩa là sóng đi chậm lại. Sóng ứng với n'_{gI} trước đi chậm hơn và trong tinh thể II lại dao động theo n'_{pII} . Sóng dao động theo n'_{pII} bắt đầu đuổi theo sóng n'_{gII} , đến một thời điểm thì nó đuổi kịp và sau đó lại vượt sóng n'_{gII} .

Như vậy hiệu số đường đi xuất hiện trong tinh thể II ban đầu có một giá trị nào đấy, sau đó giảm xuống bằng không và sau đó lại tăng lên. Tổng hiệu số đường đi của các sóng ánh sáng qua hai tinh thể sẽ bằng:

$$\Sigma\Delta = |\Delta I - \Delta II|$$

Trong trường hợp song song nghịch, hiệu số đường đi cuối cùng của các sóng qua hai tinh thể bằng hiệu số của các hiệu số đường đi của các sóng qua từng tinh thể.

Khi ΔII trong tinh thể II tăng lên đến một đại lượng bằng ΔI thì tổng hiệu số đường đi $\Sigma\Delta$ bị triệt tiêu, trong hệ nicôn trực giao thấy các tinh thể tối hoàn toàn. Thời điểm của sự triệt tiêu hiệu số đường đi xuất hiện trong một tinh thể bởi một hiệu số đường đi xuất hiện trong một tinh thể khác được gọi là thời điểm bù trừ.

Việc xác lập công thức tổng hiệu số đường đi xuất hiện trong hai tinh thể được xuất phát từ khái niệm về hiệu số đường đi như hiệu số các đường quang học và dùng công thức $\Delta = d (n'_g - n'_p)$.

Khi song song thuận:

*Đường quang học của sóng thứ nhất trong hai tinh thể bằng: $d_I.n'_{pI}$
+ $d_{II}.n'_{pII}$*

Đường quang học của sóng thứ hai bằng: $d_I.n'_{gI} + d_{II}.n'_{gII}$

$$\begin{aligned}\Sigma\Delta &= d_I \cdot n'_{gl} + d_{II} \cdot n'_{gll} - (d_I \cdot n'_{pl} + d_{II} \cdot n'_{pll}) \\ &= d_I(n'_{gl} - n'_{pl}) + d_{II}(n'_{gll} - n'_{pll}) = \Delta I + \Delta II\end{aligned}$$

Khi song song nghịch:

Đường quang học của sóng thứ nhất bằng: $d_I n'_{pl} + d_{II} n'_{gll}$ và của sóng thứ hai bằng: $d_I n'_{gl} + d_{II} n'_{pll}$

$$\begin{aligned}\Sigma\Delta &= d_I \cdot n'_{gl} + d_{II} \cdot n'_{pll} - (d_I \cdot n'_{pl} + d_{II} \cdot n'_{gll}) \\ &= d_I(n'_{gl} - n'_{pl}) - d_{II}(n'_{gll} - n'_{pll}) = \Delta I - \Delta II\end{aligned}$$

Tính song song thuận và song song nghịch của các dao động ánh sáng có tầm quan trọng trong việc xác định các bậc màu giao thoa của tinh thể cũng như việc xác định tên trục (n'_g và n'_p) trong tiết diện đã cho của tinh thể.

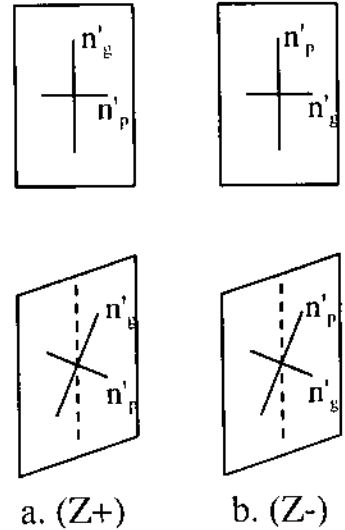
4.2. Dấu kéo dài (dấu vùng chính) của tinh thể

Nói về dấu kéo dài tinh thể tức nói về quan hệ giữa phương kéo dài của tinh thể đối với các dao động tại tiết diện đã cho của tinh thể.

Tinh thể có dấu kéo dài dương nếu như theo chiều dài của tinh thể có dao động với chiết suất lớn hơn – n'_g (H.41,a).

Tinh thể có dấu kéo dài âm nếu theo chiều dài của nó có dao động với chiết suất bé hơn – n'_p (H.41,b).

Nếu tinh thể tất xiên, nghĩa là các dao động không song song với các cạnh, dấu kéo dài là dương chỉ trong trường hợp khi dao động n'_g tạo với phương kéo dài của tinh thể thành một góc nhỏ hơn so với dao động n'_p (H.41,a).



Hình 41. Tinh thể:
a- Với dấu kéo dài dương (Z+);
b- Với dấu kéo dài âm (Z-).

Trường hợp ngược lại khi dao động n'_p tạo với phương dài của tinh thể thành một góc nhỏ hơn thì dấu kéo dài xem là âm (H.40,b).

Nếu hai phương dao động tạo với cạnh dài của tinh thể thành những góc bằng nhau (45°) thì dấu kéo dài xem là trung tính ($Z\pm$).

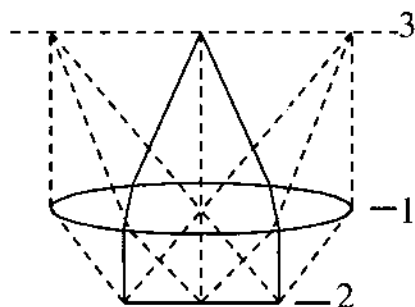
Rõ ràng khi nói về dấu kéo dài thì cần phải có các tinh thể có dạng kéo dài rõ rệt và đường nét chính xác, hoặc là khi trong tinh thể có các vết cắt khai rõ ràng mà phương của chúng được coi là phương kéo dài của tinh thể. Mặt khác cần phải xác định chính xác tên của các dao động n'_g và n'_p tại tiết diện đã cho của tinh thể đang khảo sát.

III. NGHIÊN CỨU TINH THỂ TRONG NICÔN TRỰC GIAO – DÙNG ÁNH SÁNG HỘI TỤ

Trong các phần trước chúng ta đã xem xét đến việc hiện ảnh của một vật thể trong kính hiển vi. Bây giờ ta xét đường đi của các tia qua các điểm khác nhau của vật thể và đi song song với nhau theo cùng một phương.

Các tia sáng đi lên thẳng đứng qua vật thể (song song với trục vật kính) tập trung tại một điểm trong tiêu diện chính bên trên vật kính. Các tia đi xiên với trục vật kính nhưng song song với nhau sẽ hội tụ trong một vài điểm trong tiêu diện chính. Các điểm này càng đứng xa tiêu điểm chính nếu độ nghiêng của các tia tương ứng càng lớn (H.42).

Như vậy mỗi một điểm trong tiêu diện trên của vật kính sẽ tương ứng với hàng loạt các tia đi song song nhau theo một phương bất kỳ nào đấy. Nếu tinh thể nằm trên bàn kính giữa hai nicôn trực giao thì tại mỗi



Hình 42. Sơ đồ tạo hình dạng hội tụ của vật thể trong tiêu diện trên của vật kính:
1- Vật kính ; 2- Vật thể ;
3- Tiêu diện chính.

một điểm trên tiêu diện sẽ phát hiện được hiệu ứng lưỡng chiết tạo nên bởi các tia đi qua tinh thể theo một phương nhất định. Kết quả là trong tiêu diện trên của vật kính sẽ thấy hình dạng giao thoa của tinh thể trong ánh sáng hội tụ.

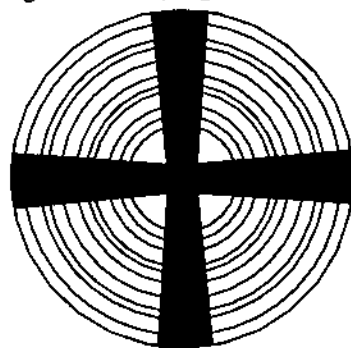
Theo hình dạng giao thoa ta có thể phán định về tính trục của tinh thể, về góc giữa các trục quang học và về các tiết diện của tinh thể mà ta đang nghiên cứu. Đồng thời bằng các phương pháp đơn giản có thể xác định được dấu quang học của tinh thể.

1. Tinh thể đơn trục trong ánh sáng hội tụ

Do sự phân bố ngẫu nhiên của các tinh thể trong vật liệu nên khi chuẩn bị lát mẫu mỏng mặt cắt tinh thể có thể trục giao với trục quang học của nó, hoặc có thể nằm xiên và tương ứng ta sẽ có những hình dạng giao thoa khác nhau đối với từng loại mặt cắt tinh thể.

1.1. Mặt cắt trục giao với trục quang học của tinh thể đơn trục

Đây là mặt cắt thuận lợi nhất cho việc nghiên cứu tính trục và dấu quang học của tinh thể. Tinh thể đơn trục nằm trên bàn kính và trục quang học của nó trục giao với bàn kính. Trong nicôn trục giao và dùng ánh sáng song song người ta thấy tinh thể tối và khi xoay bàn kính vẫn thấy tinh thể tối. Trong ánh sáng hội tụ lại thấy tinh thể có một hình dạng rất đặc trưng, nó gồm có vạch chữ thập đen với các nhánh to dần về phía ngoài và song song với các phương dao động ánh sáng trong hai nicôn. Trong phần giữa của nhánh chữ thập thấy nhiều vòng màu sắc giao thoa đồng tâm và cường độ màu sắc tăng dần từ



Hình 43. Hình dạng giao thoa của tinh thể đơn trục trong ánh sáng hội tụ khi mặt cắt trục giao với trục quang học.

tâm ra ngoài (H.43). Khi xoay bàn kính vạch chữ thập vẫn đứng nguyên tại chỗ.

Sự phân bố màu sắc giao thoa trong các vòng màu đồng tâm được giải thích như sau:

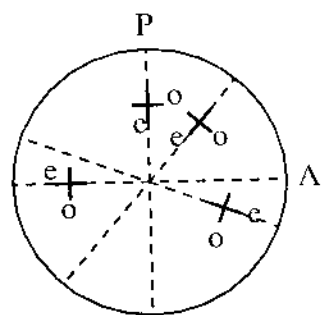
- Như đã biết, các tia sáng đi song song với trục quang học của tinh thể không bị lưỡng chiết và chúng được tập hợp vào một điểm trong tâm thị trường bởi vật kính (trong trường hợp này trục quang học của tinh thể trùng với hệ thống trục quang của kính hiển vi). Trong nicôn trực giao điểm tập hợp này cần phải tối. Mọi điểm khác trong thị trường là các điểm tập hợp của các tia đi xiên đối với trục quang học. Góc xiên của các tia càng lớn thì điểm tập hợp của các tia xiên tương ứng càng đứng xa tâm của hình dạng giao thoa. Do mỗi một sóng ánh sáng đi xiên với trục quang học bị tách thành hai tia nên hiệu số đường đi giữa các tia quyết định màu sắc giao thoa tại điểm tương ứng trong hình dạng giao thoa.

- Các tia sáng càng đi xiên với trục quang học của tinh thể thì các tiết diện trực giao với tia sáng ở mặt quang suất càng gần song song với trục quang học hơn, do vậy trị số lưỡng chiết $n'_g - n'_p$ càng cao. Điều đó cắt nghĩa vì sao màu sắc giao thoa của vòng màu cứ tăng dần từ tâm ra ngoài. Ngoài ra, góc nghiêng các tia càng lớn thì đường đi các tia qua chiều dày lát mẫu càng dài và do vậy cũng ảnh hưởng đến cường độ màu sắc giao thoa.

**** Nguyên nhân xuất hiện vạch chữ thập đen***

Trong mỗi một điểm của hình dạng giao thoa (trừ tâm) ta có hai dao động, một dao động ứng với sóng thường (o), còn dao động kia – sóng bất thường (e). Sóng e, như đã biết, được dao động trong mặt phẳng tiết diện chính (là tiết diện luôn luôn chứa trục quang học của mặt quang suất), còn sóng o trực giao mặt phẳng này. Hình chiếu của các mặt phẳng tiết diện chính lên hình dạng giao thoa là các bán kính của hình dạng và do đó dao động của sóng e tại các điểm khác nhau sẽ thực hiện theo các phương bán kính khác nhau (H.44).

Hai tiết diện chính chứa phương P và A song song với phương dao động P và A của hai nicôn. Tại mọi điểm nằm trong hai tiết diện chính này các phương dao động ánh sáng sẽ trùng với phương dao động của các nicôn và do đó các điểm này cần phải tắt. Vì vậy vạch chữ thập đen được hình thành luôn trùng với các phương dao động của hai nicôn. Các điểm còn lại của hình dạng sáng hơn và cường độ sáng càng cao nếu góc tạo bởi các phương dao động của sóng e với các phương dao động của hai nicôn càng lớn. Độ sáng cực đại ở các vị trí đường kính nằm xiên góc 45° so với phương P và A của các nicôn.



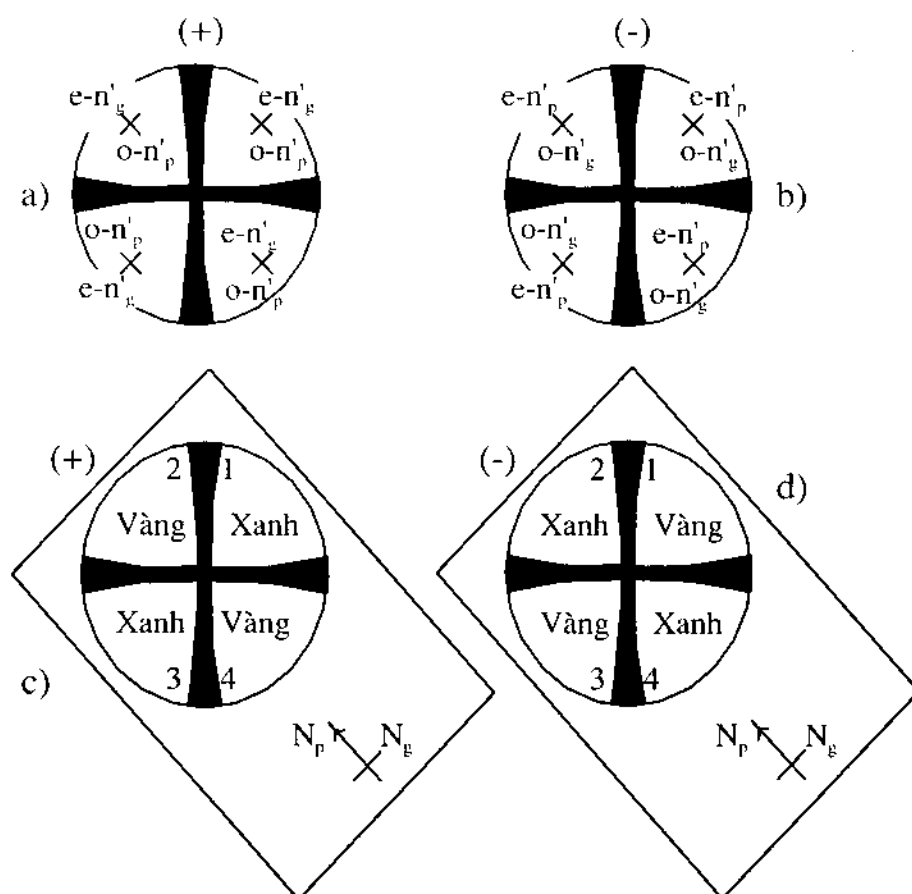
Hình 44. Các phương dao động của tia sáng trong một vài điểm của hình dạng giao thoa trong mặt cắt trực giao trực quang học của tinh thể đơn trục.

*** Xác định dấu quang học trong mặt cắt trực giao với trục quang học**

Trong các tinh thể đơn trục dương chiết suất đối với các sóng thường n_o bé hơn đối với sóng bất thường n_e . Trong tinh thể âm có quan hệ ngược lại, n_o lớn hơn n_e . Như đã đề cập, các dao động của sóng e thực hiện theo các bán kính của hình dạng giao thoa, còn dao động của sóng o trực giao với sóng e. Nếu N_p đặt theo chiều dài của thanh bù trừ thạch cao và đưa thanh bù trừ vào bên trên tinh thể theo đường phân giác của góc vuông ở vạch chữ thập thì trong hai ô vuông đối diện của hình dạng giao thoa có tính song song thuận, còn trong hai ô vuông khác – song song nghịch. Theo ký hiệu số ô vuông ở H.45, c, d thì song song thuận thực hiện ở ô vuông 1, 3 và song song nghịch ở ô vuông 2, 4 trong các tinh thể dương (H.45, a, c), còn trong các tinh thể âm – ngược lại (H.45, b, d).

Các phần của hình dạng giao thoa lúc không có thanh bù trừ mà đã có màu giao thoa trắng bạc I, lúc song song thuận có được màu xanh

nước biển hoặc xanh lá cây bậc II, còn lúc song song nghịch có màu vàng bậc I (H.45, c, d).



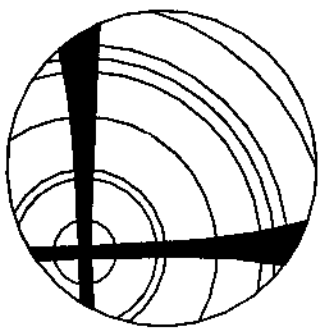
Hình 45. Xác định dấu quang học của tinh thể đơn trục trong mặt cắt trực giao trục quang học bằng thanh bù trừ thạch cao.

Nếu tinh thể có trị số lưỡng chiết cao và trong ánh sáng hội tụ thấy nhiều vòng màu sắc đồng tâm, dùng thanh bù trừ thạch cao cho kết quả rõ nét chỉ trong trường hợp khi hiệu số đường đi của các tia sáng trong tinh thể là nhỏ. Do vậy khi đẩy thanh bù trừ vào ta cần theo dõi sự thay đổi màu sắc trong phần nào của thị trường mà ở đấy lúc chưa đẩy thanh bù trừ vào đã có màu sắc giao thoa thấp bậc I (các phần này thường nằm cạnh điểm xuất lộ trục quang học trong hình dạng giao thoa).

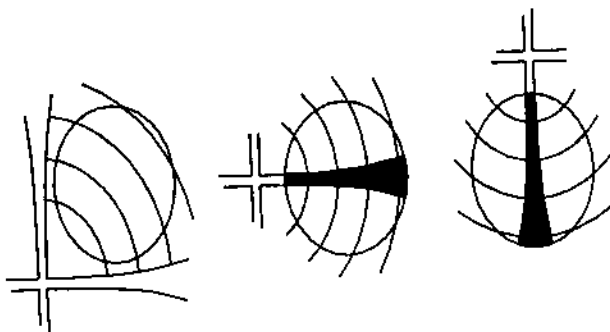
1.2. Mặt cắt xiên của tinh thể đơn trục

Nếu trục quang học của tinh thể không trục giao với mặt cắt lát mẫu mà nằm xiên một góc nào đấy thì điểm xuất lộ trục quang học nằm xiên so với tâm thị trường và hình dạng giao thoa cũng nằm lệch đi một ít. Nhánh chữ thập ở đây vẫn giữ song song với phương dao động của các nicôn (H.46) ngay cả trong trường hợp xoay bàn kính. Mặt cắt loại này gọi đúng hơn là mặt cắt chưa trục giao hẳn với trục quang học.

Mặt cắt gọi là xiên khi trục quang học nằm lệch nhiều so với mặt cắt lát mẫu và trong thị trường không thấy tâm vạch chữ thập đen. Khi xoay bàn kính, các nhánh nằm ngang và thẳng đứng của vạch chữ thập sẽ lần lượt đi qua tâm thị trường (H.47).



Hình 46. Hình dạng giao thoa của tinh thể đơn trục trong mặt cắt không hoàn toàn trục giao trục quang học.



Hình 47. Hình dạng giao thoa của tinh thể đơn trục trong mặt cắt xiên đối với trục quang học. Các nhánh của vạch chữ thập lần lượt đi qua thị trường khi xoay bàn kính.

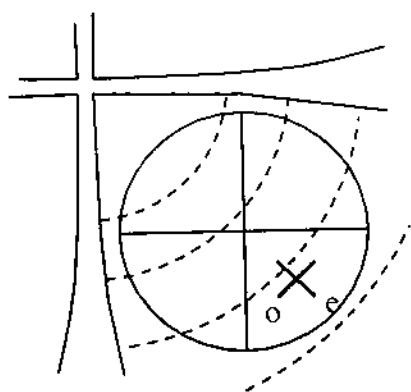
* Xác định dấu quang học của tinh thể trong mặt cắt xiên

Nếu mặt cắt chỉ xiên một ít và điểm xuất lộ trục quang học nằm bên trong thị trường thì có thể thấy đồng thời 4 ô vuông của vạch chữ thập đen. Trong trường hợp này việc xác định dấu quang học của tinh thể giống như ở mặt cắt trục giao trục quang học.

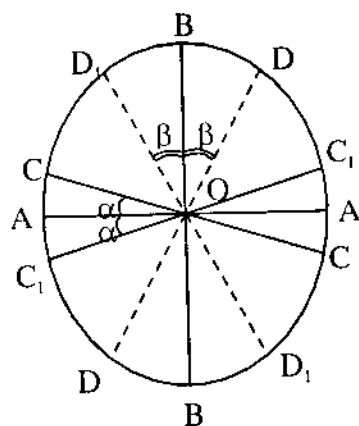
Trong mặt cắt khá xiên thì không thể quan sát đồng thời cả 4 ô vuông. Ta chỉ thấy được 2 trong 4 ô khi các nhánh đen đi ngang qua thị trường và chỉ thấy một ô khi các nhánh đen nằm ngoài thị trường (khi xoay bàn kính mỗi một trong các ô vuông lần lượt xuất hiện trong thị trường). Để xác định dấu quang học của tinh thể không cần thiết phải quan sát cả 4 ô vuông, tiến hành nghiên cứu trong một ô vuông cũng đưa đến kết quả. Điều cơ bản là cần biết vị trí của ô vuông, nhờ đó biết điểm xuất lộ trục quang học nằm ở phía nào đối với thị trường và đồng thời cũng biết được các phương dao động của sóng o và e.

Muốn biết vị trí ô vuông vào thời điểm đã định ta cần phải biết nhánh đứng và ngang của vạch chữ thập nằm ở đâu vào lúc này. Muốn vậy cần phải xoay bàn kính đến khi nào thấy ở rìa thị trường xuất hiện một nhánh chữ thập, thí dụ đó là nhánh chữ thập đứng xuất hiện ở rìa trái của thị trường. Sau đó xoay bàn kính về hướng ngược lại, thấy nhánh đứng một lần nữa đi khuất sang bên trái và sau đó thấy nhánh nằm ngang xuất hiện ở rìa phía trên của thị trường đang chứa ô vuông thứ 4 và các phương dao động của sóng o và e phân bố như H.48. Sau khi xác định được vị trí ô vuông thì ta có thể xác định dấu quang học theo quy tắc của mặt cắt trục giao trục quang học.

Còn loại mặt cắt song song với trục quang học, đây là loại mặt cắt không thuận tiện và ít dùng để nghiên cứu tính trục và dấu quang học của tinh thể trong lát mẫu.



Hình 48. Xác định dấu quang học của tinh thể trong mặt cắt xiên.



Hình 49. Chứng minh tiên đề Phơrinen.

2. Tinh thể lưỡng trục trong ánh sáng hội tụ

2.1. Tiền đề Phorinen

"Trong tinh thể lưỡng trục các dao động ánh sáng thực hiện theo các phân giác của những góc nằm giữa các tiết diện chính".

Giả sử ánh sáng lan truyền trục giao với mặt phẳng hình vẽ. Enlip ABAB (H.49) là tiết diện của mặt quang suất trục giao với phương lan truyền ánh sáng. Theo quy tắc mặt quang suất thì các dao động của sóng ánh sáng lan truyền trục giao với tiết diện này sẽ thực hiện theo các trục AA và BB của enlip ABAB. Cần chứng minh trục AA và BB là phân giác của các góc nằm giữa các tiết diện chính.

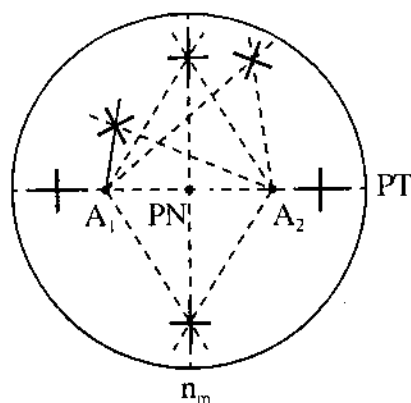
Mỗi một tiết diện vẽ qua tâm của mặt quang suất đều được cắt với hai tiết diện tròn. Giả sử CC và C_1C_1 là các đường cắt của enlip ABAB với các tiết diện tròn. Đường CC và C_1C_1 là đường kính của hai tiết diện tròn và chúng luôn bằng nhau. Trong tiết diện enlip có thể có hai phương bằng nhau chỉ trong trường hợp nếu hai phương phân bố đối xứng đối với các trục enlip, cũng có nghĩa các trục enlip là phân giác của các góc nằm giữa những phương này. Các trục enlip cũng sẽ là các đường phân giác của các góc nằm giữa những đường trục giao với phương CC và C_1C_1 – giữa đường thẳng DD và D_1D_1 . Mặt phẳng DOD mà đường thẳng DD là vết cắt của nó với mặt enlip là vị trí hình học của mọi đường thẳng trục giao với CC, cũng có nghĩa là trong mặt phẳng này sẽ chứa trục quang học trục giao với đường kính CC của tiết diện tròn. Do đó mặt DOD là mặt phẳng của tiết diện chính.

Tương tự cũng chứng minh được rằng mặt phẳng D_1OD_1 trục giao với C_1C_1 cũng là tiết diện chính.

Chứng minh cho thấy các trục của enlip ABAB mà dao động ánh sáng thực hiện theo các phương của chúng là những phân giác của góc nằm giữa những đường cắt của tiết diện chính với mặt enlip ABAB.

2.2. Mặt cắt trực giao với phân giác nhọn (PN)

Trong mặt cắt trực giao với phân giác nhọn có chứa trục n_m và phân giác tù (PT). Theo tiền đề Phorinen, các phương dao động của ánh sáng tại các điểm khác nhau trong mặt cắt này được diễn tả như trên H.50 và trên hình trục n_m cùng phân giác tù cũng được đặt trùng với các phương dao động của hai nicôn. Vào thời điểm này tất cả các điểm có dao động của ánh sáng song song với các dao động của hai nicôn đều phải tối, còn tại những điểm khác sẽ sáng, nghĩa là ta có được một hình dạng giao thoa giống như mặt cắt trực giao với trục quang học của tinh thể đơn trục (H.51, a).

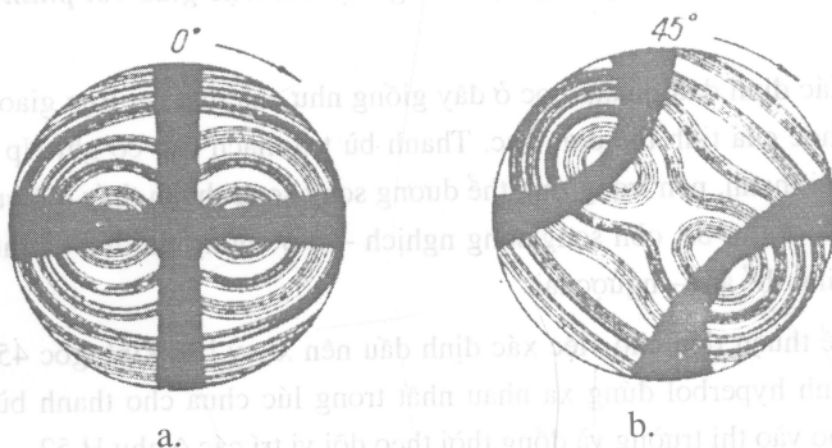


Hình 50. Phương dao động tại các điểm khác nhau của mặt cắt trực giao với phân giác nhọn:
 A_1, A_2 - Điểm xuất lộ các trục quang học.
 Đường chấm ngang- Các tiết diện chính.
 Các chữ thập con- Phương dao động của ánh sáng.

Tuy nhiên, khi xoay bàn kính thì vạch chữ thập không đứng yên một chỗ mà phân rã thành hai nhánh hyperbol và phân tán về các ô vuông đối diện nhau. Đỉnh của các nhánh hyperbol đứng xa nhau nhất khi xoay bàn kính một góc 45° (H.51, b). Đỉnh của nhánh hyperbol là điểm xuất lộ trục quang học.

Thông thường các nhánh hyperbol nằm trong giới hạn của thị trường ánh sáng hội tụ. Tiếp tục xoay bàn kính, các nhánh hyperbol lại bắt đầu gần nhau. Khi xoay đúng 90° so với vị trí ban đầu thì một lần nữa

hiện lên chữ thập và sau đó lại phân tán về hai ô vuông khác khi tiếp tục xoay bàn kính. Các nhánh hyperbol luôn nằm trong mọi ô vuông nào mà ở đấy mặt phẳng chứa các trục quang học đi ngang qua chúng.



Hình 51. Vạch chữ thập (H.51,a) màu đen, các nhánh hyperbol (H.51,b) và các đường màu sắc trong mặt cắt trục giao với phân giác nhọn.

* Các đường màu sắc

Nếu tinh thể có lưỡng chiết hoặc chiều dày lớn thì ngoài các màu xám và trắng bậc I ra còn xuất hiện các màu giao thoa cao hơn. Màu giao thoa thấp nhất nằm chung quanh các điểm xuất lộ trục quang học và tiếp theo là các vòng màu giao thoa cao hơn.

Chỉ những vòng nằm gần trục quang học nhất mới có dạng hình tròn, càng xa trục vòng biến dạng càng nhiều và bao quanh luôn cả hai trục quang học. Khi xoay bàn kính các đường màu cũng xoay theo nhưng không thay đổi hình dạng của hình (H.51). Đường màu sắc còn có tên là đường Lemnhitcat.

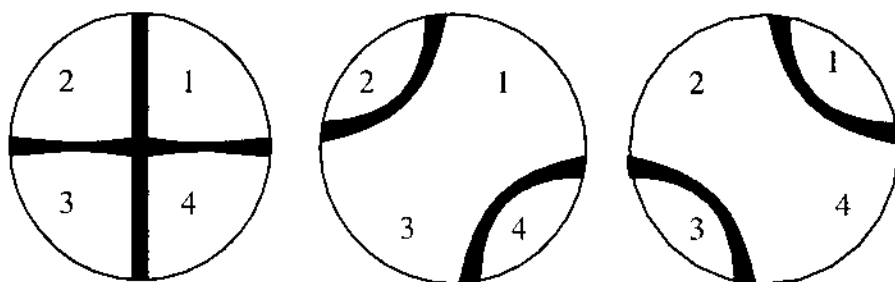
Khi tinh thể có hiệu số đường đi lớn, các nhánh của chữ thập đen nằm theo trục n_m và trục phân giác từ sẽ có hình dạng khác nhau. Nhánh song song với phân giác từ (trùng với mặt phẳng chứa các trục quang

học) khác với nhánh song song với trục n_m ở chỗ nó có các điểm co lại tại các vị trí xuất lộ trục quang học (H.51, a).

*** Xác định dấu quang học trong mặt cắt trực giao với phân giác nhọn**

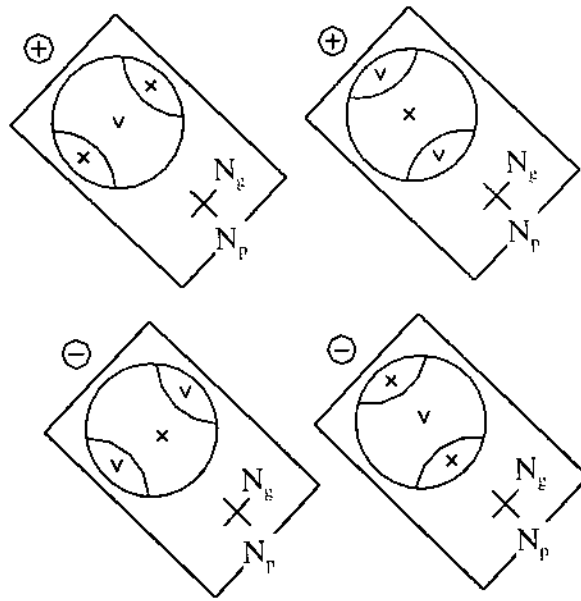
Xác định dấu quang học ở đây giống như của mặt cắt trực giao trục quang học của tinh thể đơn trục. Thanh bù trừ thạch cao có ghi Np theo chiều dài thanh, nên trong tinh thể dương song song thuận thấy ở ô vuông thứ nhất và thứ ba, còn song song nghịch – ở ô vuông thứ hai và thứ tư. Trong tinh thể âm – ngược lại.

Để thuận tiện cho việc xác định dấu nên xoay bàn kính góc 45° để các nhánh hyperbol đứng xa nhau nhất trong lúc chưa cho thanh bù trừ thạch cao vào thị trường và đồng thời theo dõi vị trí các ô như H.52.



Hình 52. Số ô vuông lúc vị trí các nhánh hyperbol khác nhau.

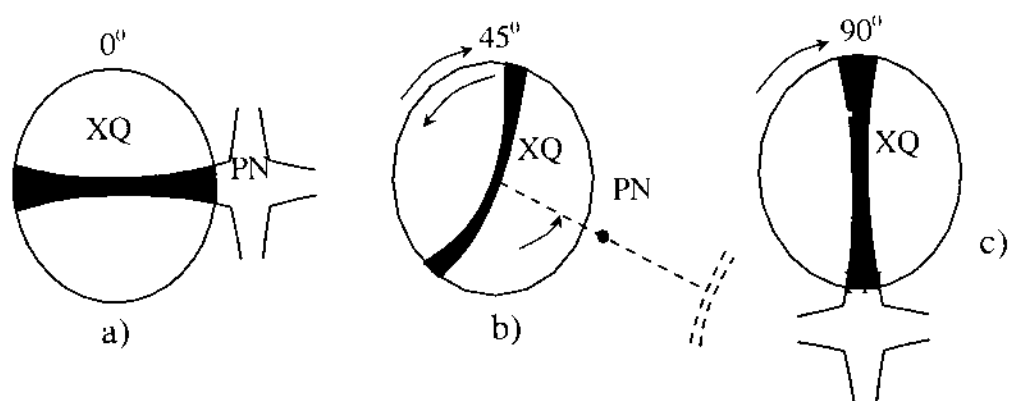
Hình 53 nêu cách xác định dấu quang học trong mặt cắt trực giao với phân giác nhọn. Trong mặt cắt này do thị trường có chứa các điểm xuất lộ trục quang học nên việc xác định dấu bằng thanh bù trừ thạch cao là hoàn toàn có thể được.



Hình 53. Xác định dấu trong mặt cắt trực giao với phân giác nhọn bằng thanh bù trừ thạch cao;
X- Màu xanh ; V- Màu vàng

2.3. Mặt cắt trực giao với trục quang học của tinh thể lưỡng trục

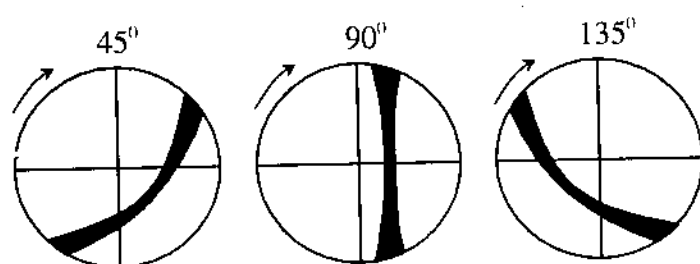
Hình dạng giao thoa của mặt cắt này dễ suy từ dạng giao thoa của mặt cắt trước nếu tưởng tượng mặt này nghiêng như thế nào đó để cho một trong các trục quang học trực giao với mặt bàn kính. Lúc mặt phẳng chứa các trục quang học trùng với phương dao động của một trong hai nicôn thì có một chữ thập đen được hình thành và tâm của nó là điểm xuất lộ của phân giác nhọn. Nếu điểm xuất lộ phân giác nhọn nằm ngoài giới hạn của thị trường thì ta chỉ thấy một nhánh thẳng của vạch chữ thập nằm trong thị trường (H.54, a, c). Khi xoay bàn kính vạch chữ thập sẽ phân thành hai nhánh hyperbol và một sẽ thấy trong thị trường. Nếu trục quang học thật trực giao với bàn kính thì có một nhánh hyperbol luôn luôn đi qua tâm của hình dạng giao thoa (bởi vì điểm xuất lộ trục quang học luôn luôn nằm trên hyperbol), hyperbol có độ cong lớn nhất khi xoay bàn kính 45° (H.54, b).



Hình 54. Hình dạng giao thoa của mặt cắt trục giao với trục quang học của tinh thể lưỡng trục. (XQ- Điểm xuất lộ trục quang học).

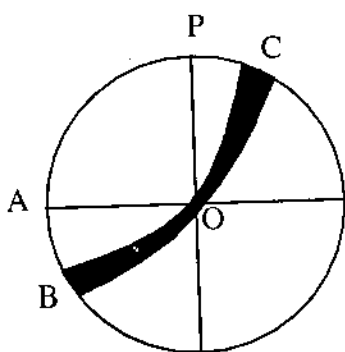
Như vậy trong mặt cắt trục giao với trục quang học luôn luôn thấy có một nhánh hyperbol đi ngang qua tâm thị trường, lúc thì thẳng, lúc thì cong. Cần chú ý là hướng di chuyển của nhánh hyperbol luôn luôn ngược với hướng xoay của bàn kính (hai đầu của nhánh cũng di chuyển ngược chiều với bàn kính) và phía lồi của nhánh luôn hướng về phân giác nhọn.

Nếu mặt cắt chưa trục giao với trục quang học nhưng điểm xuất lộ trục quang học còn nằm trong thị trường thì nhánh hyperbol không phải lúc nào cũng đi qua giữa tâm thị trường. Khi biến thành nhánh thẳng, hyperbol có thể không trùng với nhánh chữ thập của thị trường mà chỉ song song nhau (H.55).

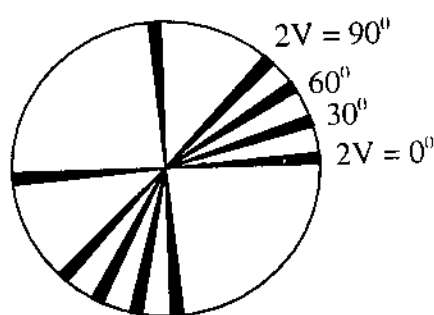


Hình 55. Hình dạng giao thoa của mặt cắt không hoàn toàn trục giao với trục quang học của tinh thể lưỡng trục.

Khi góc $2V$ của tinh thể càng lớn thì nhánh đen càng ít cong hơn. Khi $2V = 90^\circ$ thì nhánh luôn luôn thẳng, lúc xoay bàn kính nó hơi xoay về phía ngược chiều xoay bàn kính nhưng không bị cong. Theo độ cong của nhánh hyperbol trong mặt cắt trực giao với trục quang học ta có thể đánh giá bằng mắt trị số góc $2V$. Để xác định ta cần xoay bàn kính 45° kể từ vị trí khi nhánh đen hoàn toàn thẳng và trùng với một trong hai nhánh chữ thập trong thị trường. Nhánh đen lúc bấy giờ chia trị trường thành hai phần không bằng nhau: phần lớn hướng về phía lõi của nhánh và phần bé hướng về phía lõm. Trị số góc $2V$ tính gần đúng bằng cung nhỏ nhất của vòng tròn trừ 90° . Trên H.56 góc $2V \approx < BOC - 90^\circ$, hay nói cách khác, góc V tính bằng cung bao gồm giữa một đầu nhánh đen và đầu một nhánh chữ thập của thị trường nằm gần đó ($2V \approx 2 < BOA \approx 2 < POC$). H.57 diễn tả biểu đồ F.E. Wright để xác định góc $2V$ bằng mắt.



Hình 56. Hình dạng giao thoa của mặt cắt trực giao với trục quang học của tinh thể lưỡng trục có góc $2V$ lớn.



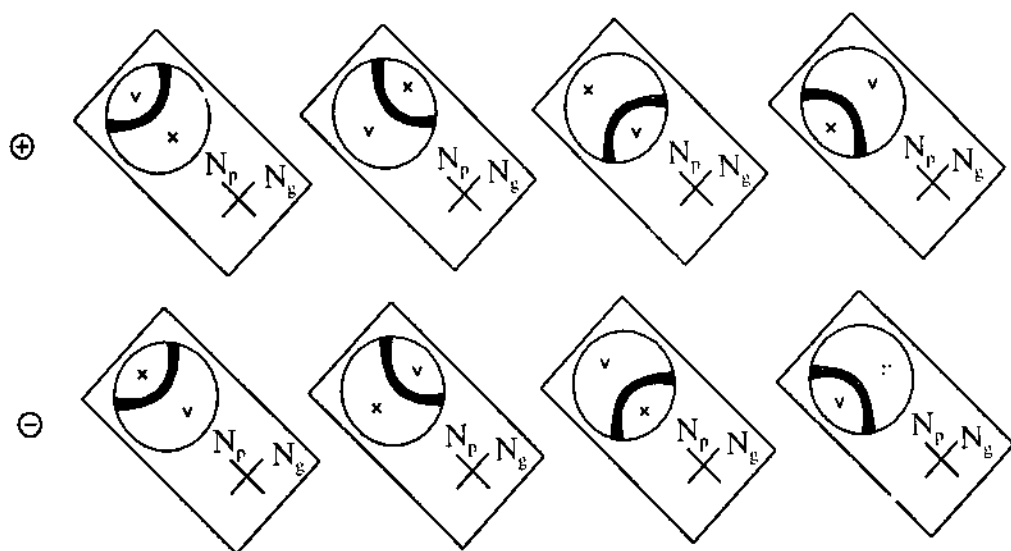
Hình 57. Biểu đồ F.E. Wright dùng để xác định gần đúng góc $2V$.

*** Xác định dấu quang học trong mặt cắt trực giao trục quang học**

Phương pháp xác định dấu trong mặt cắt này giống như mặt cắt trực giao với phân giác nhọn. So với hình dạng giao thoa của mặt cắt trực giao với phân giác nhọn, hình dạng giao thoa của mặt cắt này chỉ khác ở chỗ là trong thị trường thấy có một nhánh hyperbol và vị trí 3 ô vuông: một ô nằm ở phía lõm của nhánh hyperbol, còn hai ô kia thì dính liền nhau – nằm ở phía lõi của nhánh hyperbol.

Xác định dấu quang học ở mọi vị trí có thể của nhánh hyperbol bằng thanh bù trừ thạch cao như trên H.58. Thực tế không cần thiết nhớ tất cả các vị trí này mà chỉ cần nhớ là phải đặt nhánh hyperbol đen song song với nhánh vạch chữ thập trong thị trường, sau đó xoay bàn kính 45° để nhánh đen có độ cong lớn nhất, đồng thời tưởng tượng cho được vị trí của nhánh hyperbol thứ hai và nhận xét ô vuông nào được thấy trong thị trường.

Nếu góc $2V$ gần 90° thì lúc xoay bàn kính thấy nhánh hyperbol luôn luôn có dạng thẳng, do đó ta không có thể nhận biết vị trí của nhánh hyperbol thứ hai và không biết ô vuông nào nằm trong thị trường để xác định dấu. Khó khăn này không phải là nhược điểm của phương pháp mà do góc $2V$ gần bằng 90° thì các góc nhọn và tù hầu như bằng nhau và sự khác biệt về khu vực giữa phân giác nhọn và phân giác tù bị xoá nhoà.



Hình 58. Xác định dấu quang học trong mặt cắt trực giao với trục quang học. (Dãy trên - Các tinh thể dương; Dãy dưới - Các tinh thể âm).

Khi $2V = 87 \div 88^\circ$ ta còn có khả năng xác định dấu quang học của tinh thể.

Hai dạng mặt cắt đã xét ở phần trên là tương đối thuận lợi để xác định tính trực và dấu quang học của tinh thể lưỡng trục. Các loại mặt cắt khác còn lại dùng để xác định tính trực ít thuận lợi hơn.

PHẦN THỨ BA

THẠCH HỌC SILICAT

Nghiên cứu cấu trúc của nguyên liệu và vật liệu silicat bằng kính hiển vi phân cực bắt đầu từ việc lấy mẫu trung bình đặc trưng cho được phẩm chất của chúng. Mẫu lấy khoảng $50 \div 200$ gam hoặc nhiều hơn và không nghiền mịn, sau đó đem chuẩn bị các lát mẫu để nghiên cứu.

Thứ tự nghiên cứu khoáng silicat có thể tóm tắt như sau: đầu tiên với độ phóng đại trung bình (vật kính $8 \div 9\times$) ta nhận xét hình dạng, màu sắc và tính đa sắc, độ sần mặt nổi và so sánh chiết suất, tính cát khai, phát hiện lưỡng chiết và xác định một số tính chất khác để nhằm mục đích phát hiện có bao nhiêu loại khoáng trong lát mẫu. Sau đó mô tả tỷ mỉ từng khoáng một theo thứ tự như trên (thứ tự nghiên cứu khoáng dưới kính hiển vi). Có những phép xác định cần độ phóng đại lớn thì thay vật kính với độ phóng đại lớn hơn.

Khi đã xác định được các hằng số quang học cần thiết thì mới bắt đầu xác định tên khoáng bằng cách so sánh chúng với các hằng số quang học của các khoáng cho trong những sổ tay tra cứu.

Một số khoáng không trong suốt được nghiên cứu trong ánh sáng phản xạ.

Khi đã có kinh nghiệm và quen mặt khoáng, việc xác định mọi tính chất quang học của khoáng là không bắt buộc và chỉ nên đi sâu nghiên cứu một số tính chất đặc biệt của khoáng có liên quan đến công nghệ sản xuất và tính chất sản phẩm, thí dụ như hình dạng, kích thước, sự phân bố và hàm lượng của khoáng v.v...

A. KHOÁNG CỦA NGUYÊN LIỆU SILICAT

I. NGUYÊN LIỆU SÉT

Nghiên cứu các khoáng sét bằng kính hiển vi gặp nhiều khó khăn. Nguyên nhân khó khăn là do các hạt khoáng có kích thước quá nhỏ (từ $1 \div 5 \mu\text{m}$) và vì vậy các số liệu nghiên cứu xác định các khoáng sét bằng kính hiển vi thường được bổ sung thêm bằng các số liệu phân tích DTA, DTG, phân tích Rơnghen và kính hiển vi điện tử.

Sau đây là các khoáng sét chủ yếu trong nguyên liệu sét (caolanh và đất sét các loại) được dùng để sản xuất vật liệu silicat.

1. Caolinit – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Khoáng caolinit là thành phần chủ yếu của caolanh, một số loại đất sét và phiến thạch sét. Caolinit có dung lượng hấp phụ thấp, co sấy nhỏ, tạo huyền phù kém ổn định và cường độ mội yếu.

Các tinh thể dạng vảy của caolinit trong suốt, có đường viền ngoài dạng giả lục phương và kích thước thường từ $0,1 \div 3 \mu\text{m}$. Mặt đáy tinh thể thường là (001). Cát khai hoàn thiện song song với mặt đáy.

Tinh thể caolinit thuộc hệ một phương xiên hoặc ba phương xiên, quang tính âm, $Z+$, mặt phẳng chứa các trục quang học trục giao với mặt (001) và (010). Chiết suất $n_g = 1,56 \div 1,57$, $n_m = 1,559 \div 1,569$, $n_p = 1,553$. Trị số lưỡng chiết = $0,005 \div 0,007$.

Tinh thể caolinit ổn định đến 250°C . Ở $500 \div 600^\circ\text{C}$, sau khi tách nước hoá học tinh thể chuyển sang thể vô định hình nhưng vẫn giữ nguyên hình dạng ban đầu của mình đến gần 1200°C . Việc tách nước hoá học làm giảm chiết suất của caolinit xuống $1,46 \div 1,52$, trên 650°C chiết suất lại bắt đầu tăng lên và ở 950°C chiết suất đạt đến 1,55. Từ 950°C trở đi phát hiện có lưỡng chiết trong vật thể caolinit, tuy nhiên vẫn chưa phân biệt được các tinh thể mulit hình kim. Khi nhiệt độ đạt cỡ 1200°C thì thấy

các tinh thể mulit rõ nét hơn. Quá trình tái kết tinh mulit xảy ra khi tiếp tục đốt nóng và ở nhiệt độ $1450 \div 1500^{\circ}\text{C}$ có nhiều tinh thể mulit hình kim phát triển đến chiều dài $12\mu\text{m}$ và đường kính $2\mu\text{m}$.

2. Monmorilonit - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Khoáng monmorilonit có tinh thể dạng hạt rất nhỏ (cỡ $0,06\mu\text{m}$), dung lượng hấp phụ lớn, độ dẻo cao, tạo huyền phù ổn định và trương nở thuận nghịch khi có nước. Khoáng thường chứa các tạp oxyt nhuộm màu, các oxyt kiềm và kiềm thổ.

Dưới kính hiển vi điện tử thấy các tinh thể riêng biệt có đường viền ngoài không cân đối và kém rõ nét. Trong kính hiển vi phân cực chỉ phát hiện được các tập hợp hạt và việc xác định một số tính chất quang học gặp nhiều khó khăn.

Mônmorilônit thuộc hệ một phương xiên. Chỉ số chiết suất có sự dao động rộng tùy theo hàm lượng nước chứa trong khoáng. Chiết suất $n_g = 1,51 \div 1,63$, $n_m = 1,50 \div 1,56$, $n_p = 1,48 \div 1,55$. Trị số lưỡng chiết $= 0,020 \div 0,035$. Tùy theo mức độ đốt nóng và lượng nước cấu trúc được tách ra mà chiết suất của khoáng bị giảm liên tục. Đốt nóng khoáng trên 1050°C phát hiện có sự hình thành thủy tinh với chiết suất $n = 1,525$ và các hạt spinen rất nhỏ, ở $1300 \div 1400^{\circ}\text{C}$ đã có thể tìm thấy các tinh thể mulit hình kim.

3. Thủy mica - Illit - $2,4(\text{K},\text{Na})_2\text{O} \cdot 1,2\text{MO} \cdot 8,8\text{R}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Illit có cấu trúc tinh thể tương tự như mica và monmorilonit, tuy nhiên không trương nở trong nước, chứa lượng kali thấp hơn và H_2O cao hơn so với monmorilonit. Dung lượng hấp phụ ion nằm trung bình giữa caolinit và monmorilonit.

Các loại đất sét dễ chảy với độ dẻo trung bình luôn chứa illit và sau khi nung đất sét thường có màu đỏ nâu.

Các tinh thể illit riêng biệt nhỏ hơn $2\mu\text{m}$ chỉ phát hiện được bằng kính hiển vi điện tử và có dạng tấm giả lục phương. Trong kính hiển vi phân cực chỉ thấy được khoáng ở dạng tập hợp của các vảy không màu, màu phớt xanh, vàng, đen.

Illit thuộc hệ một phương xiên. Thực tế chỉ đo được chiết suất $n_g = 1,558 \div 1,67$ và $n_p = 1,555 \div 1,572$. Trị số lưỡng chiết $= 0,025 \div 0,035$.

Đốt nóng trên $350 \div 600^\circ\text{C}$, chiết suất của khoáng giảm xuống do tách nước trong mạng tinh thể. Đốt nóng illit đến 1100°C , spinen và thủy tinh được hình thành và chỉ được nhận biết bằng tia X. Tại 1100°C , kính hiển vi phân cực phát hiện được thủy tinh với chiết suất $1,530 \div 1,535$ và các hạt rất nhỏ được cho là spinen. Ở 1300°C các hạt spinen biến mất và đốt nóng trên $1300 \div 1400^\circ\text{C}$ có thể thấy được các tinh thể mulit hình kim bằng kính hiển vi.

Ngoài các khoáng chính, trong nguyên liệu sét còn lẫn một số tạp chất khoáng khác như cát thạch anh, đá vôi, fenpat, mica, biotit, granat, pyrit, hematit, limonit, vật chất hữu cơ v.v... Tùy theo hàm lượng và tính chất của mình mà các tạp chất có thể ảnh hưởng đến tính chất sử dụng của nguyên liệu sét.

II. NGUYÊN LIỆU SILIC

Thành phần hoá học chính của nguyên liệu silic là oxyt silic – thường nằm ở dạng khoáng thạch anh và ít hơn là dạng canxedoan và opan.

1. Các khoáng trong nguyên liệu silic

1.1. Thạch anh – SiO_2

Thạch anh là khoáng vật phổ biến nhất trong vỏ trái đất, chủ yếu nằm trong nguyên liệu silic và là khoáng thường đi kèm trong nguyên liệu sét, trong fenpat.

Hình dạng tinh thể: loại điển hình ở dạng lăng trụ sáu phương hai đầu có thấp và các tinh thể thường nằm riêng rẽ đôi khi với kích thước khá lớn, dạng tập hợp thường gặp là các dạng tinh đám, dạng hạt xít đặc.

Trong một nicôn thấy khoáng không màu, đôi khi gặp các bao thể trong khoáng là H_2O hoặc khí CO_2 . Trong nicôn trực giao có màu xám hoặc vàng rơm. Chiết suất $n_g = 1,553$, $n_p = 1,544$, trị số lưỡng chiết = 0,009. Tinh thể thuộc hệ sáu phương, quang tính dương, $Z+$.

1.2. Canxedoan - SiO_2

Canxedoan có kiến trúc tinh thể giống như thạch anh, nhưng khác ở chỗ có chứa một ít nước. Người ta cho rằng canxedoan phần lớn được thành tạo từ sự kết tinh không hoàn toàn của keo silic.

Tinh thể canxedoan ở dạng sợi và tập hợp thành các hình cầu toả tia. Trong nicôn trực giao thấy hình cầu ở dạng một chữ thập đen luôn song song với các nhánh chữ thập trong thị trường. Khi xoay bàn kính chữ thập đen vẫn không thay đổi vị trí. Tuỳ theo hàm lượng nước mà chiết suất của tinh thể có sự dao động, $n_g = 1,538 \div 1,543$, $n_p = 1,530 \div 1,533$, trị số lưỡng chiết = $0,008 \div 0,010$. Tinh thể thuộc hệ ba phương, $Z\pm$.

1.3. Opan - $SiO_2.nH_2O$

Do quá trình phong hoá các đá siêu bazơ (giàu MgO , FeO , nghèo SiO_2), do sự phân huỷ các silicat, oxyt silic được giải phóng và thành keo ngậm nước, nước mất dần và keo chuyển sang thể rắn để tạo thành opan. Nước chứa trong opan không cố định, từ 1 đến 34%. Opan là khoáng ở dạng vô định hình và hình thành nên khối đặc xít với các màu trắng đục, nâu, vàng, đỏ v.v...

Chiết suất của opan thấp và thay đổi tuỳ theo lượng nước, với 30% H_2O - $n = 1,406$, với 10% H_2O - $n = 1,445$, với 1% H_2O - $n = 1,459$.

2. Nguyên liệu silic

Nhóm nguyên liệu gồm có thạch anh mạch, quãczit, cát thạch anh và một số loại khác.

Vài nét về nguyên liệu thạch anh và quãczit.

2.1. Thạch anh mạch

Thạch anh mạch thường gọi là thạch anh, đó là loại nguyên liệu phổ biến trong khoáng sàng nhiệt dịch và nằm ở dạng các mạch, đôi khi thành những khối rất lớn. Trong các mạch nhiệt dịch thạch anh thường chứa các bao thể khí, nước và những bao thể rắn khác (rutin, zircon v.v...).

Thạch anh thường có màu trắng sữa và được dùng trong công nghệ gốm sứ để làm xương, men. Đánh giá chất lượng sử dụng của nguyên liệu thạch anh, trước tiên theo lượng các tạp khoáng, đặc biệt là các oxyt nhuộm màu như oxyt sắt và mangan, sau là về mặt kích thước (từ vài phần mười milimét đến vài centimét) và hình dạng các hạt khoáng thạch anh, sự liên kết giữa chúng, các vết nứt và đặc điểm tắt của tinh thể. Loại thạch anh tắt làn sóng có hoạt tính lớn và dễ tan trong chất nóng chảy giàu kiềm.

2.2. Quãczit

Quãczit là loại đá gồm hoặc chủ yếu từ các hạt tinh thể thạch anh (quãczit tinh thể) hoặc từ các hạt thạch anh được liên kết bằng ximăng (quãczit ximăng). Ximăng có thể là các hạt thạch anh thứ sinh rất nhỏ, có thể là canxedoan hoặc opan. Loại quãczit tinh thể đôi khi rất khó phân biệt với thạch anh mạch, đặc biệt trường hợp thạch anh mạch được cấu tạo từ các tinh thể thạch anh nhỏ, bé.

Nghiên cứu quãczit bao gồm việc mô tả màu sắc và phân bố màu sắc của đá, đặc điểm phân bố cũng như hình dạng và kích thước các khoáng tạo đá, vật chất ximăng liên kết, hình thái mặt vết vỡ v.v...

Màu sắc của quắczit khác nhau: trắng, xám, vàng, nâu, hồng v.v... Có loại quắczit với màu sắc đồng đều, có loại khác không đồng đều và phụ thuộc chủ yếu vào sự phân bố của tạp oxyt sắt.

Quắczit được phân thành các nhóm theo kích thước các hạt tinh thể (hàm lượng của chúng trên 60%):

Nhóm hạt thô	$2,0 \div 1,0 \text{ mm}$
Nhóm hạt tương đối thô	$1,0 \div 0,5 \text{ mm}$
Nhóm hạt trung bình	$0,5 \div 0,25 \text{ mm}$
Nhóm hạt nhỏ	$0,25 \div 0,10 \text{ mm}$

Hình dạng các hạt thạch anh trong quắczit gồm các loại: dạng góc sắc nhọn, dạng góc không sắc nhọn, dạng hạt hơi tròn và tròn, dạng bề mặt bị ăn mòn, dạng hạt phục hồi tính tự hình của tinh thể.

Số lượng các hạt thạch anh và đặc điểm phân bố của chúng trong vật chất xi măng thường khác nhau tùy theo vị trí địa lý của mỏ và người ta chia ra các loại xi măng như sau:

* ***Xi măng nền:*** ở đây các hạt thạch anh nằm riêng biệt, không tiếp xúc nhau và tựa như bôi trong xi măng.

* ***Xi măng tiếp xúc:*** xi măng chỉ phân bố tại điểm tiếp xúc giữa các hạt thạch anh.

* ***Xi măng chứa đầy:*** xi măng được chứa đầy trong các khoảng không gian trống giữa các hạt thạch anh tiếp xúc nhau.

* ***Xi măng xâm thực:*** xi măng chứa đầy giữa các hạt khoáng thạch anh và lấp kín các hang hốc của hạt thạch anh bị ăn mòn.

Tùy theo mức độ tái kết tinh của vật chất xi măng và kích thước hạt kết tinh mà người ta phân biệt ba loại xi măng: xi măng vô định hình, xi măng hạt mịn (chưa tái kết tinh) và xi măng hạt lớn (tái kết tinh).

Theo dạng phân bố của các hạt xi măng quanh hạt thạch anh mà người ta phân biệt xi măng phân bố không định hướng và xi măng phân bố

định hướng (các hạt ximăng phân bố song song hoặc trực giao với mặt ngoài hạt thạch anh).

III. FENPAT

Nguyên liệu fenpat được dùng rộng rãi trong công nghệ gốm sứ.

Fenpat là loại thường gặp trong đá phún xuất, ít hơn là đá biến chất. Người ta phân biệt 3 loại khoáng của fenpat là octoclaz (fenpat kali), anbit (fenpat natri) và anoctit (fenpat canxi).

Hiện tượng thay thế đồng hình giữa các khoáng rất phổ biến, thí dụ loại đồng hình anbit-anoctit, loại đồng hình octoclaz-anbit.

Các khoáng fenpat có nhiều tính chất vật lý giống nhau: màu sáng tươi, chiết suất tương đối thấp, độ cứng lớn ($6 \div 6,5$), cắt khai hoàn toàn theo hai phương, khối lượng riêng khoảng $2,50 \div 2,70$.

Tuỳ theo thành phần hoá học, khoáng vật fenpat được chia thành ba nhóm phụ: nhóm fenpat canxi-natri gọi là plagioclaz, nhóm phụ fenpat kali-natri gọi là octoclaz, nhóm phụ fenpat kali-bari ít gặp hơn và được gọi là hialophan.

1. Nhóm phụ plagioclaz

Các khoáng vật của nhóm plagioclaz gồm một loạt hỗn hợp đồng hình, về đầu là anbit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) và cuối là anoctit ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) và ở giữa là các khoáng trung gian.

Tên gọi các khoáng trong nhóm phụ plagioclaz:

% phân tử	100	90	70	50	30	10	0
Anbit	Anbit	Oligoclaz	Andezin	Labradorit	Bitait	Anoctit	
% phân tử	0	10	30	50	70	90	100
Anoctit							

Trong plagioclaz, tỷ lệ Na_2O , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 thay đổi rộng rãi tùy theo hỗn hợp đồng hình, ngoài ra có lẫn một ít K_2O , BaO , Fe_2O_3 .

Dạng tinh thể của plagioclaz thường là dạng tấm, lăng trụ tấm và gấp song tinh đa hợp là phổ biến. Tinh thể có cát khai hoàn toàn theo (001) và (010) với góc cát khai từ $86^{\circ}24$ đến $86^{\circ}50$, trong khi đó góc cát khai của nhóm fenpat kali-natri là 90° hoặc gần 90° .

Chiết suất của plagioclaz tăng tuyến tính theo lượng CaO tăng lên trong khoáng: $n_g = 1,538 \div 1,590$, $n_m = 1,531 \div 1,585$, $n_p = 1,527 \div 1,577$. Trị số lưỡng chiết = $0,007 \div 0,013$, tinh thể hệ một phương xiên.

2. Nhóm phụ octoclaz (fenpat kali- natri)

Nhóm này được dùng rộng rãi trong công nghệ gốm sứ và thủy tinh. Đặc điểm của nhóm này là có những thành tạo pectit – là các chất do dung dịch rắn bị phân huỷ ra và giao nhau một cách có quy luật. Dung dịch rắn được hình thành ở nhiệt độ cao và bị phân huỷ ra ở nhiệt độ thấp do kích thước ion K^+ và Na^+ tạo dung dịch rắn khác nhau (bán kính ion (r) của K^+ - $1,33\text{\AA}$ và của Na^+ - $0,98\text{\AA}$).

2.1. Octoclaz – $\text{K}_2\text{O}.\text{Al}_2\text{O}_3.6\text{SiO}_2$

Thành phần hoá học dạng tinh khiết: K_2O -16,90%, Al_2O_3 -18,40%, SiO_2 -64,70%. Tuy nhiên khoáng octoclaz thường có lẫn Na_2O đến vài phần trăm, đôi khi nhiều hơn cả K_2O (loại natrioctoclaz) và ngoài ra có lẫn một ít Fe_2O_3 , BaO v.v...

Dạng tinh thể thường là lăng trụ và hay gặp các song tinh đơn giản. Cát khai hoàn toàn theo (001) và (010), góc cát khai bằng 90° .

Loại octoclaz đục có màu trắng phớt đỏ, màu hồng tươi, màu vàng nâu.

Chiết suất của octoclaz: $n_g = 1,524 \div 1,535$, $n_m = 1,522 \div 1,533$, $n_p = 1,518 \div 1,528$. Trị số lưỡng chiết = $0,006 \div 0,007$. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm.

2.2. *Microlin* – $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

Là một trong những khoáng vật chính trong các thành tạo pecmatit. Thành phần hoá học giống octoclaz và thường cũng chứa Na_2O .

Khác với octoclaz, micrôlin có song tinh đa hợp nhỏ tạo hình mạng đặc trưng. Cát khai hoàn toàn theo (001) và (010), góc cát khai gần 90° . Tinh thể tất đứng.

Chiết suất của microlin: $n_g = 1,521 \div 1,525$, $n_m = 1,518 \div 1,523$, $n_p = 1,514 \div 1,520$. Trị số lưỡng chiết = $0,007 \div 0,009$. Chiết suất và trị số lưỡng chiết tăng theo hàm lượng Na_2O trong khoáng. Tinh thể hệ ba phương xiên, quang tính âm.

III. NGUYÊN LIỆU CACBONAT

Nhóm nguyên liệu cacbonat quan trọng nhất trong công nghệ silicat là đá vôi, dolomit và manhedit. Đặc điểm chung của các khoáng cacbonat là kết tinh trong hệ ba phương, độ cứng tương đối thấp, có cát khai và trị số lưỡng chiết đặc biệt cao.

1. Canxit – $CaCO_3$

Canxit là khoáng chủ yếu của đá vôi. Trong lát mẫu, mặt cắt của tinh thể canxit có hình dạng không cân đối, không màu, có cát khai và trị số lưỡng chiết đặc biệt cao.

Chiết suất: $n_g = 1,658$, $n_p = 1,486$. Trị số lưỡng chiết = $0,172$. Tinh thể có quang tính âm, $Z \pm$. Do trị số lưỡng chiết cao nên màu giao thoa tái phốt vàng.

2. Dolomit – $(Ca, Mg)CO_3$

Dolomit là khoáng chủ yếu của đá dolomit. Tinh thể dolomit có dạng hạt nhỏ hơn canxit và không màu. Rất hiếm gặp song tinh đa hợp ở dolomit.

Chiết suất: $n_g = 1,68$, $n_p = 1,501$. Trị số lưỡng chiết = 0,179. Lượng manhedi trong hỗn hợp đồng hình càng nhiều, chiết suất cũng như trị số lưỡng chiết của đolomit càng tăng.

Để phân biệt đolomit với canxit tốt nhất là dùng DTA hoặc phương pháp nhuộm màu.

3. Manhedit – $MgCO_3$

Manhedit là khoáng chủ yếu trong đá manhedit. Manhedit thường đi kèm với opax, canxedoan, thạch anh, tan. Tinh thể manhedit thường ở dạng những tập hợp cỡ trung bình và thô không màu, hoặc có màu phớt xám, phớt vàng và nâu.

Chiết suất: $n_g = 1,70$, $n_p = 1,509$. Trị số lưỡng chiết = 0,191. Tập chất sắt làm tăng mạnh chiết suất của manhedit.

B. KHOÁNG TRONG CÁC SẢN PHẨM CÔNG NGHỆ VẬT LIỆU SILICAT

I. THỦY TINH

Kính hiển vi ngày nay là một phương tiện có hiệu quả giúp kiểm tra quá trình sản xuất thủy tinh. Dùng kính để đo chiết suất của thủy tinh, xác định ứng suất, theo dõi nguồn phát sinh các tật bề mặt, vân và đá trong thủy tinh, kiểm tra bột mài và quá trình mài kính lá và kính quang học, kiểm tra mối liên kết giữa men với kim loại. Kính hiển vi còn dùng để nghiên cứu nguyên liệu cho thủy tinh, kiểm tra sự ăn mòn của gạch chịu lửa dùng trong lò nấu thủy tinh v.v...

Ở dạng miếng, tấm, vụn nhỏ, đầu tiên thủy tinh được nghiên cứu sơ bộ bằng kính hiển vi hai thị kính với độ phóng đại nhỏ để xác định mức độ khuyết tật và sự phân bố của khuyết tật nhằm để chuẩn bị mẫu sau này dễ dàng. Sau đó lấy một phần của thủy tinh có khuyết tật đem mài thành

lát mẫu để nghiên cứu cấu trúc, sự phân bố các khoáng và phát hiện nguồn gốc phát sinh của chúng. Một phần khác của thuỷ tinh được nghiên cứu bằng chất lỏng nhúng nhằm xác định chiết suất của các thể khuyết tật.

1. Tật bề mặt

Trong phối liệu chứa nhiều sunfat hoặc khí thải lò nấu thuỷ tinh giàu SO_2 và O_2 thì trên bề mặt thuỷ tinh nóng chảy có thể xuất hiện Na_2SO_4 . Sunfat natri được hình thành hoặc bằng cách tích tụ sunfat do mức độ hoà tan của sunfat trong thuỷ tinh nóng chảy có hạn chế hoặc bằng phản ứng giữa SO_3 với oxýt kiềm trong thuỷ tinh. Na_2SO_4 thường tạo thành màng mỏng màu xanh lơ không liên tục trên bề mặt thuỷ tinh sau khi tạo hình. Bằng cách thổi khí lên bề mặt thuỷ tinh thì có thể gây tái kết tinh màng mỏng xanh lơ thành các tinh thể hình kim. Chiết suất tinh thể Na_2SO_4 : $n_g = 1,481 \div 1,484$, $n_m = 1,477$, $n_p = 1,460 \div 1,471$. Trị số lưỡng chiết = 0,015. Tinh thể quang tính dương và tất đứng.

Phong hoá và ăn mòn thuỷ tinh có khả năng tạo nên các tật bề mặt. Chất ẩm tác dụng lâu dài lên bề mặt thuỷ tinh thường làm xuất hiện cacbonat natri và canxi (do bề mặt thuỷ tinh bị tách kiềm và do tác dụng với CO_2 của khí quyển). Sau khi lau sạch cacbonat ta có thể thấy rõ các khe mòn dạng cành cây trên bề mặt thuỷ tinh và thường lẫn lộn với cristobalit.

2. Vân thuỷ tinh

Vân là một sợi dạng thuỷ tinh nằm bên trong hay trên bề mặt sản phẩm, thẳng hoặc hơi cong, có thành phần hoá học và mật độ quang học khác biệt với thuỷ tinh nền. Dưới kính hiển vi vân có đường viền nổi và vành Becke khá rõ nét.

Vân nằm bên trong thuỷ tinh được gọi là vân chìm, còn vân nằm trên bề mặt và nhô cao hơn bề mặt thuỷ tinh được gọi là vân nổi. Vân nổi được xem là một dạng tật bề mặt.

Nguyên nhân tạo vân thủy tinh là do cỡ hạt nguyên liệu sử dụng còn thô, do phối liệu thủy tinh kém đồng nhất, do vật liệu chịu lửa xây tường và vòm rơi vào thủy tinh nóng chảy, do hoà tan các sản phẩm kết tinh trong thủy tinh và do thành phần thủy tinh bị thay đổi và sai với tính toán.

Xác định chiết suất của vân bằng kính hiển vi cho phép xác định nguồn gốc phát sinh của nó. Vân có chiết suất thấp hơn thủy tinh chung quanh là do SiO_2 tạo nên. Nguồn cung cấp SiO_2 có thể là do cát trong phối liệu hoặc do gạch đinat rơi vào thủy tinh. Vân có chiết suất cao hơn thủy tinh là do gạch samot rơi vào thủy tinh hoặc là do sự hoà tan sản phẩm kết tinh như volastonit.

3. Bọt khí trong thủy tinh

Bọt khí xuất hiện trong thủy tinh do nhiều nguyên nhân khác nhau. Nguyên nhân thông thường là do phân huỷ cacbonat, do nước trong phối liệu tách ra trong khi thủy tinh đã nóng chảy. Thủy tinh kết tinh cũng thường tạo nên bọt khí do thay đổi sức căng bề mặt trên mặt phân giới giữa thủy tinh và tinh thể được hình thành.

Trường hợp bọt khí chứa hoàn toàn khí thì cần xác định thành phần khí. Qua nghiên cứu bọt khí thường chứa CO_2 , O_2 , H_2O . Khi trong bọt có chứa vật thể lỏng thì cần dùng phản ứng hoá học để xác định thành phần chất lỏng. Nếu có vật chất tinh thể trong bọt thì có thể dùng chất lỏng nhúng (có chiết suất gần bằng chiết suất thủy tinh) để xác định các tính chất quang học của tinh thể. Trường hợp sunfat trong phối liệu chưa được phân huỷ thì bản thân nó hoà tan có giới hạn trong thủy tinh nóng chảy và bọt khí có thể chứa Na_2SO_4 ở dạng tinh thể hình cầu hoặc dạng sợi vụn.

4. Đá trong thủy tinh

Các bao thể rắn trong thủy tinh có tên là đá trong thủy tinh và xuất hiện do phối liệu chưa hoà tan hoàn toàn, do gạch chịu lửa xây lò rơi vào thủy tinh và do thủy tinh kết tinh.

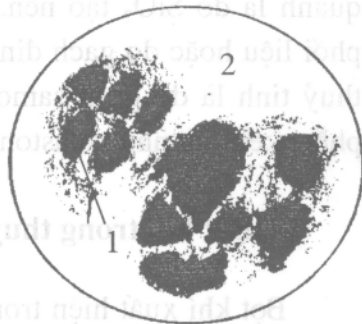
4.1. Đá do phối liệu

Đá xuất hiện do các tạp chất khó chảy còn lẫn trong phối liệu hoặc do một số thành phần phối liệu chưa hoà tan hoàn toàn.

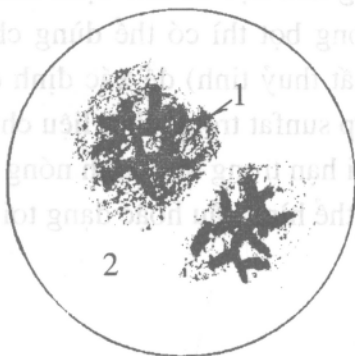
Khi làm giàu cát, một số hạt đất sét còn sót lại và lúc nấu thủy tinh hạt khó hoà tan và tạo thành đá. Loại đá này không có cấu trúc tinh thể rõ rệt (H.59). Dùng kính với độ phóng đại lớn để nghiên cứu đá đã nghiền nhỏ thì có thể phát hiện được các tinh thể mulit hình kim kém phát triển, lượng tinh thể ít và rất khó xác định các tính chất quang học.

Các bao thể sắt trong thủy tinh thường có kích thước lớn và có thể quan sát bằng mắt thường.

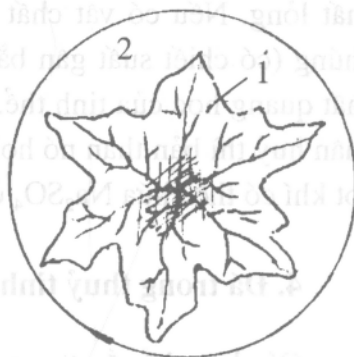
Cát thạch anh trong thủy tinh với kiềm thường là thành phần khó phân huỷ nhất của phối liệu, đặc biệt là khi hạt cát thô, phối liệu ẩm và trộn không đều, nhiệt độ nấu chảy thủy tinh thấp hoặc thời gian nấu ngắn. Hạt thạch anh khó hoà tan còn lưu lại trong thủy tinh thường được bọc bằng một lớp vỏ dày



Hình 59. Đá trong thủy tinh ở dạng cục đất sét chứa các tinh thể mulit kém phát triển (1) và nền thủy tinh (2).



Hình 60. Metacristobalit chứa ở chu vi và trong các khe nứt của hạt thạch anh khó hoà tan (1) và nền thủy tinh (2).



Hình 61. Tinh thể cristobalit dạng hoa tuyết (1) và nền thủy tinh (2).

metacristobalit (ở dạng vô định hình) và đôi khi trong vỏ còn xuất hiện các tinh thể tridimit nhỏ dạng hình kim hoặc tấm mỏng. Metacristobalit còn được chứa trong các khe nứt của hạt cát thạch anh (H.60). Có trường hợp hạt cát thạch anh bị biến đổi nhiều hơn và toàn bộ hạt được biến thành tinh thể cristobalit dạng hoa tuyết (H.61).

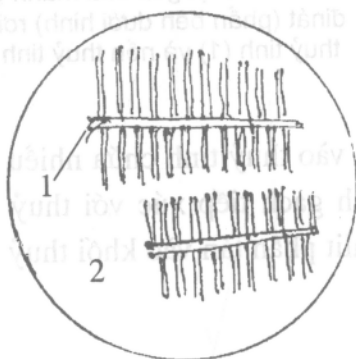
4.2. Đá do gạch chịu lửa

Đây là loại đá thường gặp nhất trong thủy tinh. Tính chất của đá phụ thuộc vào loại gạch chịu lửa sử dụng và tính chất của nó, vào vị trí sử dụng gạch trong lò, vào nhiệt độ nấu của thủy tinh và vào thời gian tác dụng của nó đối với gạch.

4.2.1. Đá do gạch đinat

Gạch đinat thường được dùng để xây dựng vòm lò nấu thủy tinh. Trong lò nấu, nguồn đá dồi dào nhất là các giọt hoặc mảnh gạch chịu lửa trên vòm lò rơi xuống.

Do tác dụng của bụi kiềm từ phối liệu bốc lên và do nhiệt độ nên bề mặt gạch đinat bị chảy ra và từng giọt rơi vào thủy tinh nóng chảy. Ở phần đầu lò (gần cửa nạp liệu) và phần giữa lò thường có nhiều giọt gạch rơi xuống và ít hơn là ở phần cuối lò. Giọt gạch đinat sau khi kết tinh thường chứa cristobalit và tridimit.



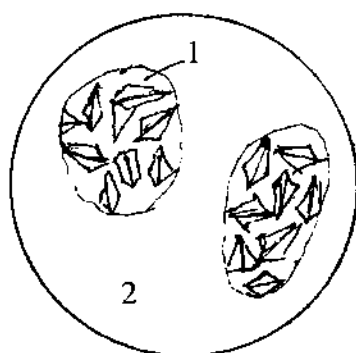
Hình 62. Các tinh thể cristobalit dạng cành cây (1) và nền thủy tinh (2).



Hình 63. Các tinh thể cristobalit dạng bản mỏng (1) và nền thủy tinh (2).

Các tinh thể cristobalit thường tập hợp ở dạng cành cây, ở đây các tinh thể nhỏ hình trụ phân bố gần trục giao với một tinh thể trục ở giữa (H.62). Ngoài ra có thể còn gặp các tinh thể cristobalit bản mỏng nằm riêng biệt và đầu cùng các tấm có dạng hình tháp và dạng chày tù (H.63). Chiết suất tinh thể: $n_g = 1,487$, $n_p = 1,484$. Trị số lưỡng chiết = 0,003. Tinh thể hệ bốn phương giả khối, quang tính âm, Z+.

Bên cạnh cristobalit, các tinh thể tridimit trong giọt gạch đinat chủ yếu ở dạng song tinh lõi móc theo mặt cắt dọc và dạng hình sáu cạnh theo mặt cắt ngang (H.64). Chiết suất tridimit: $n_g = 1,473 \div 1,483$, $n_m = 1,469 \div 1,480$, $n_p = 1,469 \div 1,479$. Trị số lưỡng chiết = 0,004. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính dương, Z- và tất đứng.



Hình 64. Các tinh thể tridimit trong giọt gạch đinat (1) và nền thủy tinh (2).



Hình 65. Một góc của mảnh gạch đinat (phần bên dưới hình) rơi vào thủy tinh (1) và nền thủy tinh (2).

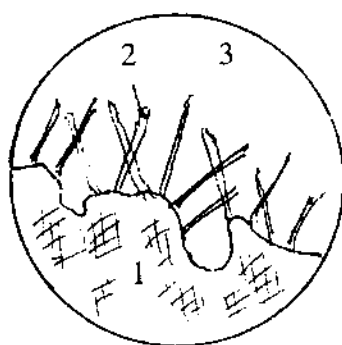
Đá do mảnh gạch đinat rơi từ vòm lò vào thủy tinh chứa nhiều tinh thể tridimit và cristobalit. Tại bề mặt mảnh gạch tiếp xúc với thủy tinh nóng chảy thường thấy các tinh thể cristobalit phân tán vào khối thủy tinh nóng chảy (H.65).

4.2.2. Đá do gạch samot

Gạch samot được sử dụng để xây tường và đáy lò nấu thủy tinh. Trong gạch trước khi sử dụng thường chứa rất nhiều tinh thể mulit với

kích thước bé, cỡ vài micrômét. Tuy nhiên do tác dụng lâu dài với thủy tinh nóng chảy ở nhiệt độ cao nên các tinh thể mulit trên bề mặt gạch samot phát triển khá mạnh, tinh thể có dạng lăng trụ hoặc hình kim dài đến 50μ (H.66). Chiết suất của mulit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$): $n_g = 1,654$, $n_m = 1,644$, $n_p = 1,642$. Trị số lưỡng chiết = 0,012. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính dương, Z+.

Do tác dụng của kiềm trong thủy tinh với bề mặt gạch samot nên mulit có thể biến mất hoàn toàn và chỉ có nephelin ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) được kết tinh ở dạng lăng trụ ngắn và dạng bộ xương (H.67). Chiết suất nephelin: $n_g = 1,537 \div 1,547$, $n_p = 1,533 \div 1,542$. Trị số lưỡng chiết = $0,004 \div 0,005$. Tinh thể hệ sáu phương, quang tính âm, Z-.



Hình 66. Mặt phân giới giữa gạch samot và thủy tinh. 1- gạch; 2- các tinh thể mulit; 3- thủy tinh.



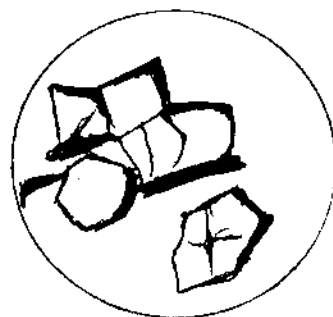
Hình 67. Tinh thể nephelin (1) trên bề mặt gạch tiếp xúc với thủy tinh (2).

Ở nhiệt độ trên 1248°C , nephelin chuyển sang dạng thù hình nhiệt độ cao là cacneghiit thuộc hệ khối. Làm nguội dưới 687°C cacneghiit tồn tại ở hệ ba phương xiên. Khi làm nguội rất chậm cacneghiit được chuyển về nephelin, do vậy trong thủy tinh có thể tồn tại cả hai dạng nephelin và cacneghiit. Chiết suất cacneghiit: $n_g = 1,515$, $n_p = 1,509$. Trị số lưỡng chiết = 0,005. Tinh thể hệ ba phương xiên, quang tính âm. Song tinh đa hợp của cacneghiit là dấu hiệu phân biệt với nephelin.

Gạch samot tác dụng lâu dài với thủy tinh chứa nhiều K_2O thường tạo nên kaliofilit ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) ở dạng lăng trụ ngắn. Chiết suất:

$n_g = 1,532 \div 1,537$, $n_m = 1,527 \div 1,533$. Trị số lưỡng chiết = $0,004 \div 0,005$. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm.

Do tác dụng của hơi kiềm nên mulit trong gạch samot xây cao hơn trên bề mặt thủy tinh nóng chảy bị phân huỷ thành corindon ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) và chất nóng chảy lỏng. Nhiệt độ phân huỷ của mulit còn thấp hơn nhiệt độ nấu chảy thủy tinh. Sau một thời gian tác dụng các mảnh gạch bị bong tách ra và rơi vào thủy tinh. Các tinh thể corindon nằm trong thủy tinh có kích thước khá lớn, đến $1 \div 2$ mm. Tinh thể có dạng tấm mỏng hình lục phương và đường viền nổi khá mạnh (H.68).



Hình 68. Tinh thể corindon trong mảnh gạch samot rơi vào thủy tinh.

Khi tinh thể corindon mỏng nằm trên cạnh của mình thì có dạng sợi, còn nằm trên mặt tấm rộng thì có dạng hình 3 hoặc 6 cạnh, màu trong suốt. Chiết suất: $n_g = 1,767 \div 1,772$, $n_p = 1,76 \div 1,763$. Trị số lưỡng chiết = $0,008$. Tinh thể hệ sáu phương, quang tính âm, $Z+$.

4.2.3. Đá do gạch chịu lửa nấu chảy bằng điện

Gạch chịu lửa sản xuất theo phương pháp nấu chảy bằng điện gồm có gạch mulit, gạch corindon và gạch baddeleyit – corindon. Đá trong thủy tinh được hình thành do gạch chịu lửa bị bong nứt ra rồi rơi vào thủy tinh hoặc do thủy tinh nóng chảy chui vào các vết nứt ở phần bề mặt gạch hoặc do tác dụng đồng thời của cả hai yếu tố. Chúng loại đá trong thủy tinh phụ thuộc vào loại gạch sử dụng và thường gặp là mulit, corindon và baddeleyit. Các khoáng này về cơ bản vẫn còn giữ nguyên hình dạng và kích thước tương đối lớn của mình như trong gạch trước khi sử dụng vì các khoáng tương đối bền đối với tác dụng của thủy tinh nóng chảy.

Khoáng baddeleyit (ZrO_2): Tinh thể có dạng tấm hoặc dạng lăng trụ ngắn với hai đầu hình tháp, không màu hoặc màu hơi nâu và có viền nổi

mạnh. Chiết suất: $n_g = 2,20 \div 2,27$, $n_m = 2,19$, $n_p = 2,13 \div 2,20$. Trị số lưỡng chiết = 0,07. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm, $Z_{\pm}$.

4.3. Đá do thủy tinh kết tinh

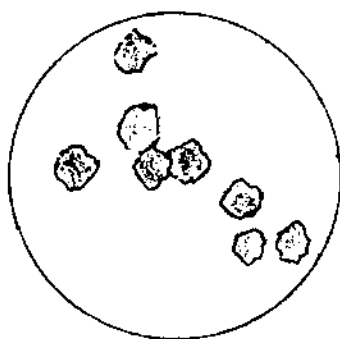
Loại đá này xuất hiện do phối liệu thủy tinh trộn không đều, do thành phần hoá học của thủy tinh sai lệch với thành phần quy định, do nhiệt độ ở một vài nơi trong lò thấp hoặc do một số nguyên nhân nêu trên kết hợp lại.

4.3.1. Cristobalit và tridimit

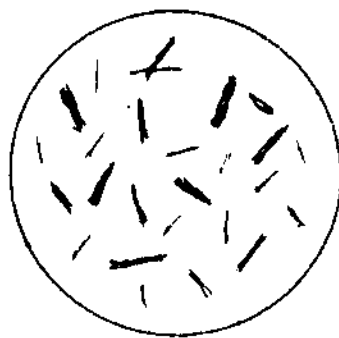
Trong thủy tinh bao bì cát thạch anh là thành phần khó chảy nhất của phối liệu, phối liệu trộn không đều thì các tập hợp của cát tạo nên vân chìm và sau đó SiO_2 dọc theo vân chìm được kết tinh. Cristobalit là một trong các dạng kết tinh đầu tiên của SiO_2 và nó có dạng hình cầu đặc trưng (H.69).

Tridimit đôi khi có thể kết tinh trực tiếp từ thủy tinh nóng chảy, nhưng thường là do tái kết tinh từ cristobalit. Tridimit đôi khi tập hợp lại thành từng cụm, bên trong cụm là các tâm mỏng tridimit phân bố trong nền thủy tinh (H.70).

Đá do thủy tinh kết tinh nhiều nhất là các dạng thù hình của SiO_2 .



Hình 69. Cristobalit dạng cầu tròn tập hợp theo dọc vân chìm.

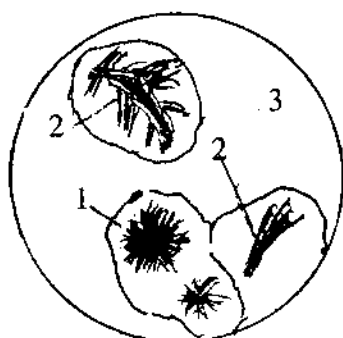


Hình 70. Tập hợp các tấm mỏng tridimit trong thủy tinh (trên hình là mặt cắt dọc tinh thể ở dạng hình kim, hình lăng trụ).

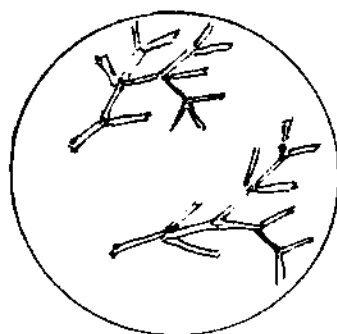
4.3.2. Devitrit – $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$

Devitrit là pha kết tinh đầu tiên của thủy tinh bao bì loại canxi-natri do lưu nhiệt lâu ở nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ kết tinh. Devitrit ổn định đến 1045°C và trên nhiệt độ này bị phân huỷ thành volastonit và chất nóng chảy lỏng.

Do thủy tinh với thành phần như trên có độ nhớt cao và do điều kiện nhiệt độ như vậy nên các tinh thể devitrit dạng hình kim đan xen nhau. Điển hình là tập hợp dạng cầu tròn nhiều tia, dạng bó chổi (H.71) và dạng các tinh đám hình kim (H.72). Đặc điểm của dạng tinh đám là đầu cùng của từng chiếc kim được trở thành tâm kết tinh của nhiều kim mới và quá trình phát triển đám tinh thể cứ như thế tiếp tục.



Hình 71. Tập hợp dạng cầu tròn nhiều tia (1), dạng bó chổi (2) trong thủy tinh (3).

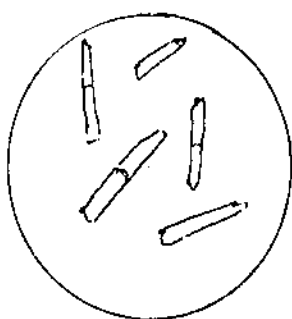


Hình 72. Tinh đám hình kim của devitrit trong thủy tinh.

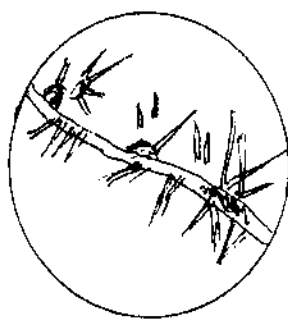
Chiết suất tinh thể: $n_g = 1,579$, $n_m = 1,570$, $n_p = 1,564$. Trị số lưỡng chiết = 0,015. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính dương, Z+.

4.3.3. Volastonit – $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

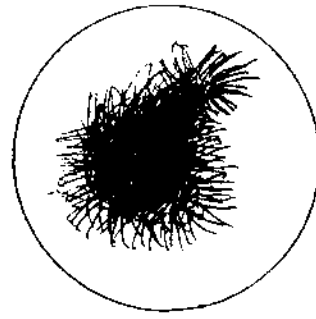
Hàm lượng canxi – kiềm của kính lá lớn hơn trong thủy tinh bao bì nên volastonit là loại sản phẩm kết tinh khá đặc trưng của chủng loại thủy tinh này. Volastonit có thể ở dạng hình lăng trụ riêng biệt (H.73), dạng các tinh đám hình kim dọc theo vân chìm (H.74). Ngoài ra còn gặp volastonit ở dạng hình cầu (H.75).



Hình 73. Tinh thể vonlastonit hình trụ trong thủy tinh.



Hình 74. Tinh đám volastonit hình kim dọc theo vân chìm.

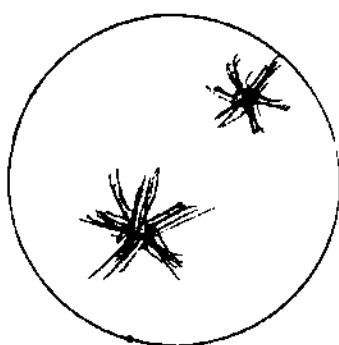


Hình 75. Tập hợp volastonit dạng hình cầu.

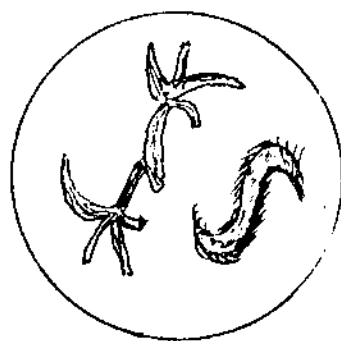
Chiết suất tinh thể: $n_g = 1,631 \div 1,635$, $n_m = 1,623 \div 1,633$, $n_p = 1,616 \div 1,621$. Trị số lưỡng chiết = $0,014 \div 0,015$. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm, $Z \pm$ và tắt đứng. Volastonit được phân biệt với đêvrit ở dạng hình lăng trụ, đầu kéo dài và chiết suất cao hơn.

4.3.4. Diopsit – CaO.MgO.2SiO_2

Diopsit ít gặp hơn volastonit trong thủy tinh kết tinh và được tìm thấy trong thủy tinh bao bì với hàm lượng MgO cao hơn 3%. Tinh thể diopsit có dạng lăng trụ dài phân bố lộn xộn hoặc dạng lăng trụ phân bố tản mạn dọc theo vân chìm. Diopsit còn ở dạng hình cầu ít tia (H.76) hoặc dạng tinh thể cuộn vòng (H.77).



Hình 76. Diopsit dạng hình cầu ít tia.



Hình 77. Tinh thể diopsit dạng cuộn vòng.

Chiết suất: $n_g = 1,695$, $n_m = 1,672$, $n_p = 1,665$. Trị số lưỡng chiết = 0,030. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm, Z+. Tinh thể tất xiên với góc cực đại 38° so với phương kéo dài.

Đối với thủy tinh quang học, đisilicat bari ($BaO.2SiO_2$) là loại khoáng đặc trưng khi thủy tinh bị kết tinh. Tinh thể đisilicat bari có dạng hình trụ, hình tám lục phương và đôi khi ở dạng vảy nếu tinh thể kém phát triển. Chiết suất: $n_g = 1,613 \div 1,632$, $n_m = 1,610 \div 1,617$, $n_p = 1,595 \div 1,602$. Trị số lưỡng chiết = 0,024. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính âm, Z-.

Thủy tinh quang học chứa chì thường khó kết tinh. Loại thủy tinh chứa nhiều chì và trong những điều kiện đặc biệt có thể tạo nên alamosit ($PbO.SiO_2$). Các tinh thể alamosit ở dạng sợi, dạng hình trụ dài và thường tập hợp lại thành hình cầu nhiều tia. Chiết suất: $n_g = 1,968$, $n_m = 1,961$, $n_p = 1,947$. Trị số lưỡng chiết = 0,023. Tinh thể hệ một phương xiên, quang tính âm, Z- và tất đứng.

II. GỐM SỨ

1. Gạch đỏ

So với sản phẩm khác như sứ dân dụng, sứ điện và sứ kỹ thuật, việc dùng kính hiển vi để nghiên cứu gạch ngói và các sản phẩm tương tự còn nhiều hạn chế và chưa chú ý đầy đủ. Nguyên nhân chủ yếu là do các pha mới được hình thành (khi nung nguyên liệu sét kém đồng nhất) có trạng thái rất mịn, cũng do đó các tính chất quang học của chúng rất khó xác định.

Dùng kính hiển vi nghiên cứu cấu trúc của gạch, trước tiên thấy các hạt cát thạch anh cạnh góc còn sắc, các hạt sắt (hematit), các giả hình hạt đá vôi, mica, còn khối vật chất chủ yếu trong gạch có màu đỏ nâu và kém đồng nhất. Khối vật chất này chính là đất sét ở các giai đoạn nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tách nước hoá học, ở đây bắt đầu có sự tạo thành các mầm chồi tinh thể mulit và một ít lượng thủy tinh nhuộm màu (khoáng nhiệt

độ $950 \div 1050^{\circ}\text{C}$). Điều đáng chú ý là màu phớt vàng của gạch chưa nung là do oxyt sắt ngậm nước quyết định và màu sắc của gạch được thay đổi sang đỏ nâu khi nung đến 950°C . Ở khoảng nhiệt độ $900 \div 950^{\circ}\text{C}$, trong pha thủy tinh có xuất hiện các hạt màu đỏ với chiết suất 1,69. Càng tăng nhiệt độ nung gạch, số lượng hạt màu đỏ càng tăng. Nung gạch đến 1200°C các hạt màu đỏ bị hoà tan và đến 1250°C hoàn toàn biến mất, pha thủy tinh trong gạch đồng thời chuyển sang màu xanh xám đến màu đen. Gạch nung đến nhiệt độ này bị quá lửa và có màu xám thếp.

2. Sự dân dụng, sứ điện

Dưới kính hiển vi có thể phân biệt các thành phần cấu trúc cơ bản sau đây trong sản phẩm gốm mịn, hệ thạch anh-fenpat-vật chất sét:

a. Pha thủy tinh đẳng hướng quang học do nguyên liệu sét tạo nên với chiết suất $1,486 \div 1,490$ và có chứa các tinh thể mulit.

b. Các hạt thạch anh tàn dư có dạng sắc cạnh hoặc hơi tù, đôi khi được viền bằng một lớp vỏ thủy tinh trong suốt với chiết suất gần 1,460.

c. Các đoạn thủy tinh giả hình hạt fenpat với chiết suất $1,491 \div 1,495$ và trong thủy tinh này có thể phát hiện các tinh thể mulit hình kim.

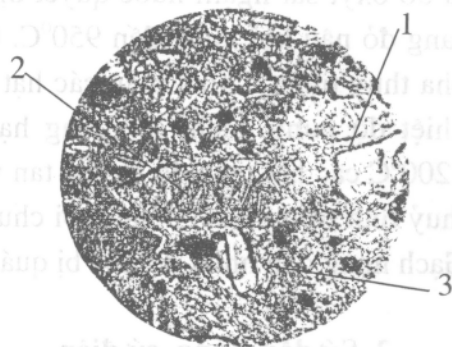
d. Bọt khí hình cầu trong pha thủy tinh với kích thước từ 10 đến hàng trăm μm . Bọt khí tạo nên do nguyên liệu và do các nguyên nhân kỹ thuật khác nhau.

Cấu trúc nêu trên phản ánh được các phản ứng xảy ra khi nung sản phẩm và dĩ nhiên phản ứng chưa đạt đến trạng thái cân bằng. Việc xác định các pha hiện có trong gốm mịn thường không phức tạp vì các pha tương đối ít và dễ phân biệt theo hình dạng bên ngoài.

**** Diễn biến của nguyên liệu và các pha khi nung***

Thành phần nguyên liệu của gốm mịn loại thông thường gồm có thạch anh, fenpat và nguyên liệu sét (caolan và đất sét).

Thời gian và nhiệt độ nung gốm mịn thường không đủ để thạch anh chuyển sang dạng thù hình nhiệt độ cao và trong xương sản phẩm còn tồn tại các hạt thạch anh tàn dư. Một số hạt thạch anh rất nhỏ ban đầu có thể bị chảy hoàn toàn ở nhiệt độ cao. Một số hạt thạch anh tương đối lớn do tác dụng của kiềm trong fenpat nên bị chảy ở chung quanh hạt và tạo nên vỏ thủy tinh tinh khiết giàu SiO_2 với chiều dày có thể đến $10\mu\text{m}$ (H.78).



Hình 78. Cấu trúc xương sứ:

- 1- Vỏ thủy tinh bên ngoài hạt thạch anh;
- 2- Đoạn thủy tinh giả hình hạt fenpat (bên trong có chứa các tinh thể mulit);
- 3- Đoạn thủy tinh tạo nên do vật chất sét.

Dưới kính hiển vi thường gặp các đoạn thủy tinh giả hình hạt fenpat (fenpat mất tính lưỡng chiết ở nhiệt độ khoảng 1110°C). Ở nhiệt độ cao, tại vị trí của hạt fenpat xuất hiện một chất nóng chảy rất nhớt, hầu như mất tính linh động nhưng phản ứng được với các cấu tử khác nhờ sự khuếch tán của các sản phẩm phân huỷ caolinit (SiO_2 , Al_2O_3). Do kết quả phản ứng nên chất lỏng trong giả hình hạt fenpat ít dần và bên trong nó xuất hiện nhiều tinh thể mulit hình kim nhỏ và dài.

Caolinit là khoáng cơ bản trong nguyên liệu sét, giữ một vai trò quan trọng trong quá trình hình thành sứ. Nhiều công trình nghiên cứu cấu trúc sứ cho thấy, nguồn tạo mulit lớn nhất trong sứ là sản phẩm phân huỷ của caolinit. Tuy nhiên do thiếu pha lỏng nên các tinh thể mulit hình thành trong pha rắn nằm ở trạng thái mầm, chồi với kích thước vô cùng bé (mulit nguyên sinh) và rất khó phát hiện bằng kính hiển vi. Do tác dụng ở nhiệt độ cao của SiO_2 do caolinit phân huỷ và một phần SiO_2 của các hạt thạch anh nhỏ bị chảy với các oxyt kiềm và kiềm thổ (chứa trong nguyên liệu sét và fenpat) nên pha thủy tinh trong các đoạn nguyên liệu sét dần được hình thành nhiều hơn. Các sản phẩm phân huỷ của caolinit,

các tinh thể mulit nguyên sinh dần dần được hoà tan trong pha thuỷ tinh này và sau đó mulit thứ sinh được kết tinh và phát triển kích thước ở dạng hình kim, hình lăng trụ dài. Các tinh thể mulit phân bố lộn xộn thành mạng lưới giống nỉ, dĩa trong các đoạn nguyên liệu sét. Lưu ý là nhiệt độ tạo nhiều mầm mulit nhất ở khoảng 1200°C , còn nhiệt độ phát triển kích thước tinh thể mạnh là ở $1350 \div 1400^{\circ}\text{C}$. Tuỳ theo nhiệt độ nung, chiều dài của các tinh thể mulit hình kim nằm trong khoảng $3 \div 30\mu\text{m}$. Hàm lượng mulit trong sứ khoảng $10 \div 20\%$, tối đa là 30% khi phối liệu chứa 50% cao lanh.

Tăng hàm lượng và kích thước tinh thể mulit, tăng độ chảy và giảm lượng hạt thạch anh tàn dư, tăng độ đồng nhất giữa thuỷ tinh do nguyên liệu sét và thuỷ tinh do fenpat tạo nên cũng như tăng độ đồng nhất chiết suất của toàn bộ nền thuỷ tinh trong sứ là dấu hiệu của nhiệt độ nung sứ cao và thời gian lưu nhiệt dài.

Trong nền thuỷ tinh của sứ có chứa các lỗ xốp. Lỗ xốp nhỏ, tròn và nằm cách biệt nhau ít hại hơn là lỗ xốp thông nhau và thông với bên ngoài vì loại này dễ hút ẩm và hạ thấp độ bền điện cũng như độ bền cơ.

**** Các yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc của sứ***

- *Kích thước hạt liệu:* Phối liệu nghiền càng mịn thì sản phẩm kết khối sớm và nhanh hơn, độ trắng và cường độ cơ học của sản phẩm tăng. Cùng chế độ nhiệt khi nung như nhau thì mức độ chuyển hạt thạch anh mịn sang thuỷ tinh nhanh hơn. Hạt fenpat càng mịn thì càng khó tìm các tinh thể mulit trong các đoạn giả hình hạt fenpat, cả hai loại thuỷ tinh do nguyên liệu sét và fenpat tạo nên càng đồng nhất.

- *Thời gian nung và nhiệt độ nung:* Diễn biến của các thành phần nguyên liệu và thành phần pha khi nung sứ phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ nung. Tuy nhiên tốc độ nung và thời gian lưu nhiệt ở nhiệt độ nung cuối cùng cũng ảnh hưởng nhiều đến cấu trúc của sứ. Lưu nhiệt lâu ở một nhiệt độ nung nhất định tạo cho cấu trúc sứ gần tương tự như khi nung ở nhiệt độ cao hơn một ít và thời gian lưu nhiệt ngắn hơn. Tuy nhiên quan

hệ về cấu trúc giữa sứ nung ở nhiệt độ cao với tốc độ nung nhanh và sứ nung ở nhiệt độ thấp hơn với tốc độ nung chậm là không tương đồng hoàn toàn. Các nghiên cứu cho thấy nung nhanh ở nhiệt độ cao hơn làm cho việc hình thành mulit và hoà tan các hạt thạch anh ở mức thấp hơn so với khi kéo dài thời gian nung ở nhiệt độ thấp hơn một ít.

**** Các đặc điểm cơ bản của cấu trúc sứ điện cao thế, đồng thời là dấu hiệu phân biệt với sứ dân dụng***

- Vật chất tinh thể mịn với mạng lưới mulit dày đặc.
- Nền thuỷ tinh trong sứ khá đồng nhất và chứa mulit đồng đều.
- Lượng thạch anh tàn dư ít, kích thước nhỏ và phân bố đều trong nền thuỷ tinh.
- Lượng lỗ xốp thấp ở mức tối thiểu, không có lỗ xốp lớn.

3. Sứ vệ sinh – xây dựng

Các thành phần cấu trúc về cơ bản giống như dân dụng. Tuy nhiên do tính chất sản phẩm nên cấu trúc của sứ có khác về mức độ diễn biến của từng loại nguyên liệu khi nung và các pha hình thành:

- Cấu trúc thô và kém đồng nhất hơn sứ dân dụng (của bản thân pha thuỷ tinh, của pha tinh thể phân bố trong pha thuỷ tinh).
- Các hạt thạch anh tàn dư đa số có dạng sắc cạnh và kéo dài, kích thước từ vài chục đến hàng trăm μm (thường từ $30\mu\text{m} \div 80\mu\text{m}$).
- Tồn tại nhiều giả hình hạt fenpat hoặc mica với kích thước $20 \div 50\mu\text{m}$. Đôi khi phát triển có mulit hình kim trong các giả hình, kích thước mulit $1 \div 8\mu\text{m}$.
- Các đoạn vật chất sét tùy theo nhiệt độ nung mà mức độ thuỷ tinh hoá và mulit hoá trong chúng có khác nhau. Có sản phẩm chứa nhiều mulit hình kim với kích thước $2 \div 5\mu\text{m}$, có sản phẩm chứa ít hơn. Các đoạn vật chất sét chiều đa số trong xương sản phẩm.

- Lượng lỗ xốp nhiều hơn trong sứ dân dụng, kích thước lớn nhất có thể đến hàng trăm μm .

III. GẠCH CHỊU LỬA

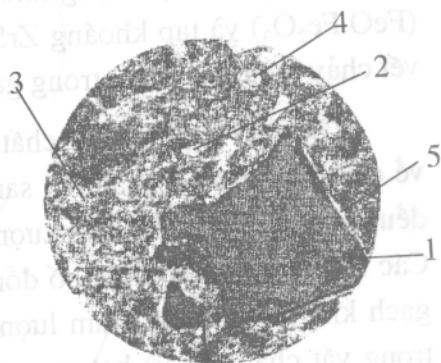
1. Gạch chịu lửa aluminosilicat

Gạch chịu lửa aluminosilicat gồm các loại bán axit, gạch samot và gạch cao nhôm. Thành phần hoá học cơ bản trong gạch là các oxyt silic, oxyt nhôm. Lượng Al_2O_3 trong gạch bán axit từ $15 \div 30\%$, trong gạch samot từ $30 \div 45\%$ và gạch cao nhôm từ $45 \div 100\%$.

1.1. Gạch samot

Gạch samot là loại gạch gồm hỗn hợp của samot (vật liệu gây) với đất sét hoặc cao lanh chịu lửa (vật liệu dẻo liên kết) theo các tỷ lệ định lượng khác nhau. Samot là sản phẩm của đất sét hoặc cao lanh chịu lửa được nung ở nhiệt độ từ 1250°C đến $1400 \div 1500^\circ\text{C}$, sau đó được đem nghiền nhỏ thành hạt samot. Lượng samot đưa vào gạch dao động từ 50% (loại gạch samot thông thường) đến $80 \div 90\%$ (loại gạch nhiều samot). Phần còn lại trong phối liệu gạch là đất sét liên kết. Hàm lượng Al_2O_3 trong gạch samot dao động trong khoảng $30 \div 45\%$ và SiO_2 là $45 \div 65\%$. Sau khi tạo hình và sấy, gạch samot được nung ở nhiệt độ từ 1250°C đến $1450 \div 1500^\circ\text{C}$ tùy theo thành phần hoá học của phối liệu gạch.

Dưới kính hiển vi thấy gạch samot đã nung gồm vật chất nền liên kết và các hạt samot (hình 79). Thành phần khoáng của hạt samot và của vật chất nền về cơ bản giống nhau, đều chứa khoáng mulit



Hình 79. Gạch samot:
1- Hạt samot; 2- Hạt cát thạch anh; 3- Vật chất nền liên kết; 4- Lỗ xốp; 5- Khe trống.

và thủy tinh. Pha thủy tinh được hình thành do tác dụng của SiO_2 còn lại sau khi đất sét đã mulit hoá với các tạp chất kiềm, kiềm thổ, oxyt sắt chứa trong đất sét. Do các tinh thể được hình thành và phân bố lộn xộn trong nền thủy tinh nên không thể xác định được chiết suất riêng biệt của mulit và cả thủy tinh, chỉ có thể xác định tổng chiết suất của pha thủy tinh chứa mulit.

Các hạt samot được phân biệt với vật chất nền liên kết bằng hình dạng và mức độ mulit hoá. Hình dạng của vật chất nền là khoảng không gian giữa các hạt samot. Nếu cả hai đều xuất phát từ nguyên liệu sét cùng loại thì các hạt samot có mức độ mulit hoá mạnh hơn. Nếu các hạt samot và vật chất liên kết đi từ các nguyên liệu sét khác loại nhau, trong một vài trường hợp có thể quan sát mức độ mulit hoá của hạt samot thấp hơn vật chất liên kết.

Chung quanh hạt samot thường thấy các khe trống không liên tục do đất sét co khi nung. Trong gạch samot nung ở nhiệt độ thấp hoặc gạch nhiều samot phát hiện thấy ít khe trống hơn hoặc hoàn toàn không thấy. Còn có thể gặp các hạt cát thạch anh do nguyên liệu sét mang vào. Hạt cát thạch anh thường ít biến đổi, đôi khi gặp một số hạt được bọc bằng một lớp metacristobalit mỏng ở dạng thủy tinh không màu. Ngoài ra còn gặp trong gạch một lượng nhỏ các tạp sắt như hematit (Fe_2O_3), manhetit ($\text{FeO}.\text{Fe}_2\text{O}_3$) và tạp khoáng ZrSiO_4 v.v... Tạp oxyt sắt thường tạo nên các vết chảy màu hung nâu trong gạch.

Các loại gạch samot chất lượng cao đều có những đặc điểm chung về cấu trúc. Thành phần hạt samot được chọn hợp lý và samot được trộn đều trong đất sét liên kết. Lượng cát thạch anh ít và kích thước hạt nhỏ. Các lỗ xốp nhỏ và phân bố đồng đều trong gạch. Mức độ mulit hoá của gạch khá hoàn thiện. Hàm lượng cũng như kích thước các tinh thể mulit trong vật chất nền và hạt samot về cơ bản là tương tự nhau, các tinh thể mulit phân bố thành một mạng lưới đều trong gạch. Vật chất nền gắn kết chặt chẽ với hạt samot và mặt vết vỡ cắt ngang qua vật chất nền và hạt samot.

Gạch samot chất lượng bình thường có cấu trúc khác với loại chất lượng cao. Lượng cát thạch anh trong gạch tương đối lớn, kích thước hạt có thể đạt đến 0,5mm. Mức độ mulit hoá trong hạt samot tốt hơn so với vật chất nền, kích thước tinh thể mulit đạt đến $10 \div 15\mu\text{m}$. Trong vật chất nền các tinh thể mulit hình thành kém rõ nét và kích thước không vượt quá $3 \div 5\mu\text{m}$. Vật chất nền gắn kết với hạt samot kém chặt chẽ và mặt vết vỡ chỉ đi theo bề mặt phân giới giữa hạt samot và vật chất nền.

1.2. Gạch cao nhôm

Gạch chịu lửa cao nhôm chứa hàm lượng $\text{Al}_2\text{O}_3 > 45\%$. Gạch cao nhôm được xếp vào 4 nhóm sau đây tùy theo hàm lượng Al_2O_3 và thành phần khoáng:

Nhóm	Hàm lượng Al_2O_3 , %
Mulit – silic	45 – 62
Mulit	62 – 72
Mulit – Corindon	72 – 90
Corindon	Lớn hơn 90

Để sản xuất gạch cao nhôm người ta dùng các nguyên liệu chứa Al_2O_3 cao, loại thiên nhiên và nhân tạo. Nguyên liệu thiên nhiên gồm có các khoáng nhóm silimanit với công thức chung $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (kianit, andaluzit, silimanit), các loại hydrat nhôm (hydragilit - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, bomit - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, diaspo - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Nguyên liệu nhân tạo gồm có Al_2O_3 kỹ thuật, corindon nấu chảy bằng điện.

Sản phẩm cao nhôm nhóm mulit-silic, mulit, mulit-corindon sử dụng $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{KT}}$:

Phối liệu gạch cao nhôm gồm hai thành phần cơ bản là các hạt samot cao nhôm và vật chất liên kết là đất sét, cao lanh chịu lửa hoặc hỗn hợp của đất sét chịu lửa với $\text{Al}_2\text{O}_{3\text{KT}}$.

hình ở các khoảng nhiệt độ nhất định và kèm theo là biến đổi thể tích (ΔV). Có thể thấy qua các số liệu sau:

Khối lượng riêng các khoáng (g/cm^3): β -thạch anh – 2,65;

α -thạch anh – 2,53; γ -tridimit – 2,26; β -tridimit – 2,24;

α -tridimit – 2,23; β -cristobalit – 2,32; α -cristobalit – 2,23.

Biến đổi thù hình kèm theo thay đổi thể tích:

β -thạch anh $\xrightleftharpoons{573^{\circ}\text{C}}$ α -thạch anh, $\Delta V = \pm 0,82\%$

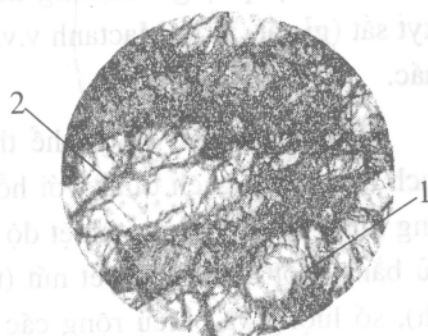
β -cristobalit $\xrightleftharpoons{270^{\circ}\text{C}}$ α -cristobalit, $\Delta V = \pm 3,70\%$

γ -tridimit $\xrightleftharpoons{95\div 140^{\circ}\text{C}}$ β -tridimit, $\Delta V = \pm 0,20\%$

β -tridimit $\xrightleftharpoons{130\div 190^{\circ}\text{C}}$ α -tridimit, $\Delta V = \pm 0,20\%$

Biến đổi thù hình của các khoáng kèm theo thay đổi thể tích có ảnh hưởng quyết định đến sự toàn vẹn của gạch khi nung và độ bền nhiệt của gạch khi sử dụng. Qua các số liệu, điều mong muốn là lượng khoáng tridimit trong gạch đinát càng nhiều càng tốt.

Nguyên liệu chủ yếu để sản xuất gạch là quăczit với hàm lượng SiO_2 lớn hơn 95%. Yêu cầu đối với quăczit là cần có tốc độ tái sinh nhanh của các hạt thạch anh sang dạng thù hình nhiệt độ cao là cristobalit và tridimit. Để nghiên cứu tốc độ tái sinh, quăczit được



Hình 80. Quăczit tinh thể sau khi nung ở 1460°C . Các hạt thạch anh chảy ở các góc và trở nên dạng hơi tròn (1). Các vết nứt bên trong hạt chứa metacristobalit không có hình dạng bên ngoài (2).

đốt nóng đến 1460°C trong thời gian 24 giờ và lưu nhiệt độ này trong 1 giờ, sau đó làm nguội.

Các nghiên cứu cho thấy, quãczit tinh thể có tốc độ tái sinh chậm nhất. Một số hạt thạch anh sau nung có dạng hơi tròn và có các vết nứt, bên trong vết nứt chứa metacristobalit vô định hình, không có hình dạng bên ngoài (β -cristobalit) (H.80).

Các loại quãczit liên kết bằng xi măng, đặc biệt là loại xi măng nền, có tốc độ tái sinh nhanh hơn là quãczit tinh thể. Bên trong các hạt thạch anh xuất hiện một mạng các vết nứt dày đặc, lượng cristobalit không có hình dạng bên ngoài tăng lên nhiều, có xuất hiện vật chất thủy tinh. Nếu vật chất thủy tinh có chứa oxyt sắt thì có thể phát hiện được các tinh thể tridimit hình kim rất nhỏ bên trong thủy tinh.

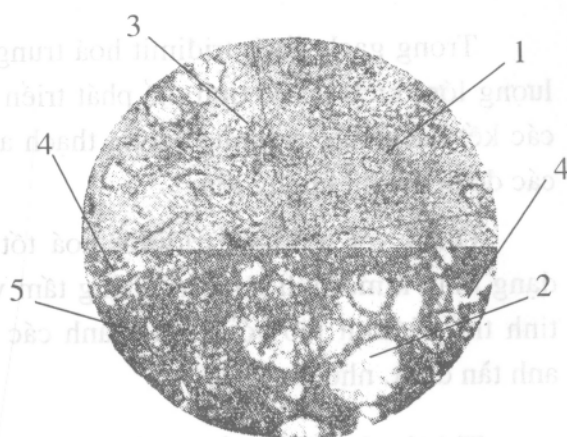
Khi sản xuất gạch đinát, một lượng phụ gia khoáng hoá ($2 \div 3\%$) được đưa vào phối liệu gạch nhằm để tăng khả năng liên kết của các hạt quãczit khi tạo hình, để tạo pha thủy tinh ở nhiệt độ cao với mục đích tăng tốc độ tái sinh của hạt thạch anh sang tridimit thông qua cristobalit và tăng mức độ liên kết chặt chẽ các thành phần cấu trúc trong gạch.

Các loại phụ gia khoáng hoá thường dùng là CaO (dạng sữa vôi), oxyt sắt (gỉ sắt, xỉ lò Mactanh v.v...), hỗn hợp sữa vôi – sắt và một số loại khác.

Dưới kính hiển vi có thể theo dõi các giai đoạn chuyển hoá của thạch anh trong gạch đinát với hỗn hợp phụ gia vôi – sắt ở các nhiệt độ nung khác nhau. Ở vùng nhiệt độ trên dưới 1000°C , các hạt quãczit được phủ bằng một mạng các vết nứt (tạo nên do biến đổi thù hình của thạch anh), số lượng và chiều rộng các vết nứt tăng lên theo nhiệt độ và thời gian nung. Sau đó, ở nhiệt độ trên 1200°C bề mặt các hạt quãczit được bọc bằng một viên mỏng cũng như trong các vết nứt được chứa đầy bởi metacristobalit không có hình dạng bên ngoài. Các hạt quãczit được nghiền mịn đều đã chuyển hết sang metacristobalit không có hình dạng ở khoảng nhiệt độ đã nêu. Cũng từ khoảng nhiệt độ 1200°C metacristobalit tác dụng với chất phụ gia khoáng hoá để tạo nên vật chất thủy tinh màu

phốt vàng. Trong thủy tinh bắt đầu kết tinh tridimit ở dạng hạt rất nhỏ, khó nhận biết, sau đó các hạt phát triển thành dạng hình kim và dạng song tinh lưỡi mác rõ nét. Từ nhiệt độ 1300°C đến 1430°C là nhiệt độ nung gạch cuối cùng, mức độ tái sinh thạch anh cũng như lượng β -cristobalit và tridimit tăng lên nhiều. Ở phần trung tâm của một số hạt quắczit, tại đây chất khoáng hoá khó vào được, xảy ra quá trình tái sinh khô

- nghĩa là ban đầu thạch anh chuyển sang metacristobalit vô định hình không có hình dạng bên ngoài và sau đó chuyển sang metacristobalit vô định hình dạng vẩy (H.81).



Hình 81. Gạch đinát:

- 1- Chu vi hạt quắczit ban đầu;
- 2- Đoạn thạch anh tàn dư;
- 3- Metacristobalit dạng vẩy;
- 4- Các tinh thể tridimit;
- 5- Pha thủy tinh.

Quá trình kết tinh và phát triển về số lượng cũng như kích thước của tridimit khi nung gạch tiến hành rất chậm theo thời gian, do vậy muốn sản xuất gạch đinát chỉ có duy nhất các tinh thể tridimit là không kinh tế và thực tế trong gạch vẫn tồn tại cristobalit. Lượng tridimit trong gạch vượt cao hơn nhiều so với lượng cristobalit chỉ khi nào lượng thạch anh tàn dư trong gạch không vượt quá 10%.

Đánh giá chất lượng gạch đinát bằng kính hiển vi được đưa theo hàm lượng, kích thước và sự phân bố của các tinh thể tridimit, theo hàm lượng và kích thước các đoạn thạch anh tàn dư.

Trong gạch đinát tridimit hoá yếu, các tinh thể tridimit với số lượng ít và kích thước nhỏ, hình dạng không rõ rệt. Các tinh thể không tạo với nhau thành các kết hạch. Lượng thạch anh tàn dư lớn ($30 \div 35\%$ hoặc hơn), các hạt thạch anh ít nứt và có kích thước lớn hơn.

Trong gạch đinát tridimit hoá trung bình, tridimit hình thành với số lượng lớn, kích thước tinh thể phát triển hơn. Một vài chỗ trong gạch có các kết hạch của tridimit. Lượng thạch anh tàn dư $15 \div 25\%$, kích thước các đoạn tàn dư không lớn.

Đinát với mức độ tridimit hoá tốt chứa một lượng lớn tridimit ở dạng hình kim, hình lăng trụ, dạng tấm và dạng song tinh lưỡi mác. Các tinh thể tridimit tạo với nhau thành các kết hạch dày đặc. Lượng thạch anh tàn dư ít, nhỏ hơn 10% .

Thành phần pha của gạch đinát dao động trong một giới hạn rộng và phụ thuộc vào nguyên liệu đầu cũng như công nghệ sản xuất được sử dụng:

Thành phần cấu trúc	Hàm lượng, %
Thạch anh tàn dư	$0 \div 40$
Tridimit	$15 \div 71$
Metacristobalit	$15 \div 55$
Pha thủy tinh	$8 \div 20$

3. Gạch manhedi-crom

Gạch chịu lửa manhedi có độ bền nhiệt thấp, để cải thiện độ bền nhiệt người ta thêm vào phối liệu các loại phụ gia như oxyt nhôm, cromit.

Gạch manhedi chứa cromit được gọi là gạch manhedi-crom, lượng MgO kết khối trong phối liệu gạch manhedi-crom lớn hơn 70% , còn lượng quặng cromit nhỏ hơn 30% .

Yêu cầu thành phần hoá học của MgO kết khối: lượng CaO không hơn $3 \div 3,5\%$ và SiO_2 không hơn 5% .

Yêu cầu thành phần của quặng cromit: lượng $\text{SiO}_2 < 5 \div 8\%$, lượng CaO $< 1 \div 1,5\%$ và $\text{Cr}_2\text{O}_3 > 35\%$ (dao động trong khoảng $35 \div 64\%$), các oxyt còn lại trong quặng là Al_2O_3 , MgO, FeO và Fe_2O_3 .

Cromit là dung dịch rắn của nhiều loại spinen khác nhau như ferro-pycotit ($\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), manhetit ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), manhedioferit ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), spinen ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), cromit ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), macnocromit ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) v.v ... Do vậy thành phần hoá của cromit dao động khá rộng rãi. Có thể diễn tả công thức tổng quát của cromit là $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3$ với tên gọi chung là cromspinen và yêu cầu tổng lượng cromspinen trong quặng cromit để sản xuất gạch phải lớn hơn 85%.

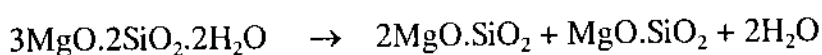
Phối liệu gạch manhedi-crom được chuẩn bị theo phương pháp:

- Cromit được nghiền và dùng cỡ hạt $0,5 \div 3 \text{ mm}$, còn MgO kết khối được nghiền và dùng cỡ hạt nhỏ hơn $0,8 \text{ mm}$ cho đến tận cỡ hạt rất mịn ($\leq 60 \mu\text{m}$).

- Sau khi nghiền và trộn đều cromit với MgO kết khối, phối liệu được đem tạo hình, sấy và nung ở nhiệt độ $1500 \div 1600^\circ\text{C}$.

Quá trình lý hoá xảy ra khi nung gạch manhedi-crom khá phức tạp, có phản ứng trao đổi giữa MgO kết khối và cromit.

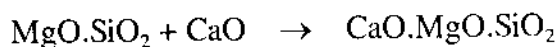
Serpentin, một tạp khoáng trong quặng cromit, ở nhiệt độ $650 \div 700^\circ\text{C}$ được tách nước, trở nên toỉ bở và ở $1350 \div 1450^\circ\text{C}$ bị phân huỷ thành clinoenstatit ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) và forsterit ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$):



Clinoenstatit tác dụng với MgO có mặt trong phối liệu thành forsterit:

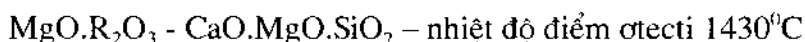
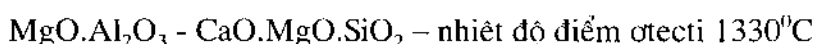


Trong phối liệu còn chứa tạp CaO nên có phản ứng giữa clinoenstatit với CaO để tạo montixelit:

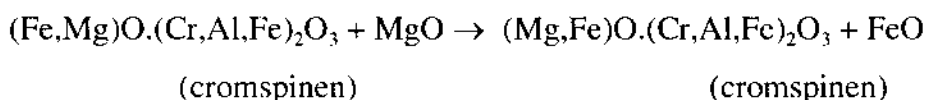


Nhiệt độ chảy của montixelit là 1498°C . Đây là khoáng silicat có hại nhất vì nó làm giảm độ chịu lửa của sản phẩm. Độ chịu lửa của gạch

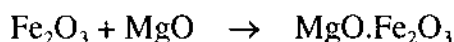
còn bị giảm xuống bởi việc hình thành các điểm σ ecti ở nhiệt độ thấp trong các hệ spinen-montixelit:



Trong phản ứng giữa cromit với MgO kết khối, FeO được trao đổi, thay thế bởi MgO:



Trong môi trường oxy hoá, FeO tách ra được chuyển sang Fe_2O_3 và để sau đó cùng với MgO trong phối liệu tạo nên manhedioferrit:



Khi cỡ hạt của các nguyên liệu đầu 0,1mm, phản ứng trao đổi giữa MgO kết khối và cromit được bắt đầu ở 650°C và đạt đến hiệu suất 30% ở 1000°C , vào khoảng 90% ở 1300°C , sau đó hiệu quả trao đổi giảm dần và đạt gần 98% ở nhiệt độ nung 1600°C . Tốc độ của phản ứng trao đổi phụ thuộc rất nhiều vào độ nghiền mịn của MgO kết khối. Trong phối liệu phải có đủ một lượng MgO kết khối nghiền mịn và lượng này thông thường phải lớn hơn $38 \div 40\%$ lượng cromit được đưa vào phối liệu gạch. Trong điều kiện sản xuất, không phải tất cả các hạt cromit đều có phản ứng trao đổi hoàn hảo, vẫn còn có một phần các hạt cromit ở những mức độ biến đổi khác nhau.

Dưới kính hiển vi có thể thấy rõ các thành phần cấu trúc của gạch manhedio- crom trước khi sử dụng. Cấu trúc của gạch gồm các hạt MgO kết khối cùng các hạt cromit với các kích thước khác nhau và vật chất silicat (H.82).

Các hạt MgO kết khối có dạng không cân đối. Bên trong hạt có nhiều tinh thể periclaz (MgO) nằm liền nhau.

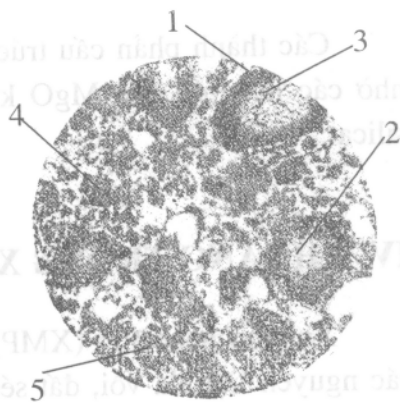
Tinh thể periclaz ở dạng hạt hơi tròn hoặc dạng 6 cạnh, có màu phớt vàng, da cam hoặc nâu da cam, các màu càng trở nên thẫm hơn ở rìa chung quanh hạt. Tinh thể thuộc hệ khối, chiết suất $n = 1,737$. Ở tâm các tinh thể periclaz thường phát hiện thấy các hạt manhedioferrit rất nhỏ ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) màu nâu đỏ. Sự hình thành tinh thể manhedioferrit là do tạp Fe_2O_3 trong nguyên liệu tạo dung dịch rắn với MgO.

Các hạt cromit có dạng cạnh góc, đôi khi phát hiện mạng vết nứt bên trong hạt. Một số hạt màu xám đen, số khác có màu đỏ thẫm. Cromit thuộc hệ khối, chiết suất $n = 2,07 \div 2,15$.

Vật chất silicat nằm chung quanh các tinh thể periclaz và các hạt cromit ở dạng các viên mỏng, đôi khi nằm thành từng cụm. Ngoài ra vật chất silicat còn được phát hiện ở vùng không gian giữa hạt MgO kết khối và hạt cromit. Sự hình thành vật chất silicat là do trong nguyên liệu để sản xuất oxyt manhe kết khối và trong bản thân cromit có chứa SiO_2 và CaO. Tổng lượng silicat trong gạch dao động $5 \div 10\%$.

Khoáng forsterit và montixelit là hai thành phần của vật chất silicat. Forsterit trong một nicôn không màu, không có hình dạng nhất định. Trong nicôn trực giao có màu xanh sáng. Tinh thể hệ trục thoi, chiết suất $n_g = 1,669$, $n_p = 1,636$, trị số lưỡng chiết $= 0,033$.

Montixelit trong một nicôn không màu, không có hình dạng rõ rệt. Trong nicôn trực giao có màu vàng. Tinh thể hệ trục thoi, chiết suất $n_g = 1,653$, $n_p = 1,639$, trị số lưỡng chiết $= 0,014$.



Hình 82. Cấu trúc gạch manhedio-crom:

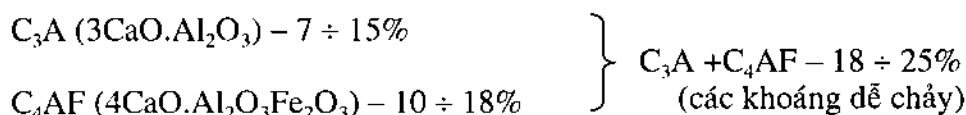
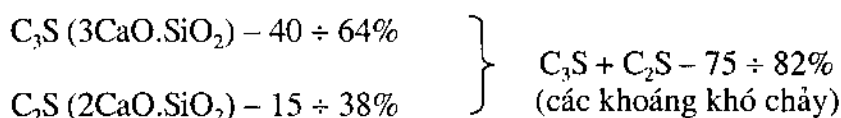
1- Hạt MgO kết khối; 2- Tinh thể periclaz; 3- Vật chất silicat; 4- Hạt cromit; 5- Vùng hạt mịn của MgO kết khối, cromit và vật chất silicat.

Các thành phần cấu trúc trong gạch được liên kết nhau chặt chẽ là nhờ các hạt mịn của MgO kết khối và cromit, cũng như nhờ vật chất silicat.

IV. KHOÁNG TRONG XIMĂNG POOCLĂNG

Ximăng pooclăng (XMP) là loại vật liệu được sản xuất từ hỗn hợp các nguyên liệu đá vôi, đất sét cùng một số phụ gia điều chỉnh nếu cần (phụ gia chứa oxyt sắt, chứa SiO_2 v.v...). Phối liệu xi măng sau khi nghiền mịn và đồng nhất được đưa vào lò để nung thành clinke (nhiệt độ nung $1450 \div 1470^\circ\text{C}$), sau đó clinke đã làm nguội được nghiền mịn với một ít lượng thạch cao ($2 \div 4\%$) thành ximăng.

Việc tạo khoáng trong clinke có ảnh hưởng quyết định đến chất lượng của ximăng. Thành phần khoáng của clinke dao động trong một giới hạn rộng tùy theo chức năng sử dụng của từng loại ximăng:



Pha thủy tinh – $0 \div 20\%$

Để tạo 4 khoáng chính, thành phần hoá học của clinke dao động trong giới hạn:

$\text{CaO} - 63 \div 67\%$; $\text{SiO}_2 - 21 \div 24\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4 \div 7\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,5 \div 4\%$.

Các tạp oxyt trong clinke với hàm lượng cho phép như sau:

$\text{MgO} \leq 5\%$; $\text{MnO}_2 < 1,5\%$; $\text{R}_2\text{O} < 1,5\%$.

1. Quá trình tạo khoáng trong clinke XMP

Trong khi nung phối liệu xi măng thành clinke có hàng loạt quá trình xảy ra liên tục từ việc phân huỷ cacbonat và nguyên liệu sét đến việc tác dụng lẫn nhau trong trạng thái rắn giữa các sản phẩm phân huỷ, sau đó một phần vật chất bị nóng chảy và chất nóng chảy lỏng tham gia phản ứng với các khoáng được hình thành trong phản ứng pha rắn để tạo khoáng mới. Sau khi nung clinke được làm nguội đến nhiệt độ bình thường.

Đầu tiên là việc khử nước của khoáng sét caolinit – khoáng chiếm đa số trong đất sét để sản xuất xi măng. Quá trình khử nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố như tốc độ đốt nóng nguyên liệu, độ mịn nguyên liệu v.v... Khoảng nhiệt độ khử nước từ $400 \div 600^{\circ}\text{C}$. Theo một số nhà nghiên cứu thì sản phẩm khử nước của caolinit là các oxit silic và oxit nhôm rất hoạt tính. Ở nhiệt độ cao hơn các oxit này tham gia phản ứng với CaO , Fe_2O_3 để tạo các khoáng trong clinke.

Phân huỷ cacbonat canxi thành CaO và CO_2 ở nhiệt độ từ $800 \div 950^{\circ}\text{C}$. Đá vôi được nghiền mịn cùng với sự có mặt một số tạp oxit như Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 phân tán đều trong nó càng làm cho đá vôi phân huỷ nhanh hơn. Phân huỷ đá vôi xảy ra mạnh nhất trong lò nung clinke khi nhiệt độ đạt đến $1000 \div 1100^{\circ}\text{C}$. Sản phẩm phân huỷ của đá vôi là các tinh thể CaO rất nhỏ (dạng mầm, chồi) rất hoạt tính và CaO tham gia phản ứng mạnh với SiO_2 và Al_2O_3 để tạo silicat và aluminat canxi trong phản ứng pha rắn. Nếu như CaO được hình thành do phân huỷ CaCO_3 chưa tham gia phản ứng ngay với các oxit khác thì nó bắt đầu tái kết tinh thành các tinh thể với kích thước đến $1 \div 20\mu\text{m}$ hoặc hơn, do vậy phản ứng liên kết của CaO để tạo các hợp chất mới gặp nhiều khó khăn.

** Phản ứng tạo silicat canxi*

Khi tác dụng giữa SiO_2 và CaO , cho dù theo tỷ lệ bất kỳ nào giữa hai cấu tử, C_2S vẫn hình thành đầu tiên trong phản ứng pha rắn ở nhiệt độ $800 \div 900^{\circ}\text{C}$ và vẫn tồn tại ở những nhiệt độ cao hơn.

Việc nghiên cứu các sản phẩm của hỗn hợp CaO và SiO₂ cho phép xác định khả năng tạo silicat canxi với các thành phần sau đây: CS, C₃S₂, C₂S, C₃S. Trong các hỗn hợp nghèo bazơ (ít CaO) thì phản ứng xảy ra theo hướng tăng lượng SiO₂ trong sản phẩm phản ứng, nghĩa là tạo 3CaO.2SiO₂ và sau đó tạo sản phẩm cuối cùng là CaO.SiO₂. Trong các hỗn hợp giàu bazơ, 2CaO.SiO₂ tiếp tục phản ứng với CaO để tạo 3CaO.SiO₂.

Khoáng 3CaO.SiO₂ và 2CaO.SiO₂ là các khoáng chính trong clinke XMP. Các loại silicat canxi nghèo bazơ như 3CaO.2SiO₂ và CaO.SiO₂ có mặt trong xỉ lò cao mang tính axit (nhiều SiO₂). Khoáng 2CaO.SiO₂ là một trong các thành phần xỉ lò cao giàu bazơ.

**** Phản ứng tạo aluminat canxi***

Khi nung hỗn hợp của CaO và Al₂O₃ theo bất kỳ tỷ lệ nào thì hợp chất CaO.Al₂O₃ cũng được hình thành đầu tiên ở nhiệt độ 800 ÷ 1000°C trong phản ứng pha rắn.

Có các loại aluminat canxi với thành phần sau: CaO : Al₂O₃ = 1: 6; 1: 2; 1 : 1; 5 : 3; 3 : 1. Các khoáng CaO.Al₂O₃, 5CaO.3Al₂O₃ và CaO.2Al₂O₃ nằm trong thành phần của clinke ximăng alumin, còn aluminat giàu bazơ 3CaO.Al₂O₃ là một trong các khoáng của clinke XMP.

**** Phản ứng tạo ferrit canxi và alumoferrit canxi***

Ferrit canxi được hình thành bắt đầu từ 900°C và sản phẩm đầu tiên là 2CaO.Fe₂O₃. Khi nung clinke ở nhiệt độ cao hơn, khoảng 1250°C, 2CaO.Fe₂O₃ tham gia phản ứng với một phần aluminat canxi để tạo alumoferrit canxi. Tăng nhiệt độ đến khoảng 1280 ÷ 1300°C, pha lỏng bắt đầu xuất hiện trong clinke. Nhiệt độ bắt đầu tạo pha lỏng phụ thuộc vào thành phần hoá học của clinke. Đến nhiệt độ 1380°C các khoáng dễ nóng chảy C₃A và C₄AF đều đã chảy lỏng và pha lỏng tạo nhiều nhất trong khoảng nhiệt độ 1300 ÷ 1450°C. Ở trong pha lỏng, CaO và một phần 2CaO.SiO₂ được hoà tan để sau đó kết tinh 3CaO.SiO₂.

Sau khi nung clinke đến nhiệt độ cao nhất và làm nguội có quá trình kết tinh và tái kết tinh các khoáng C_3S , C_2S , C_3A và C_4AF , một phần pha lỏng không kết tinh chuyển sang trạng thái thủy tinh.

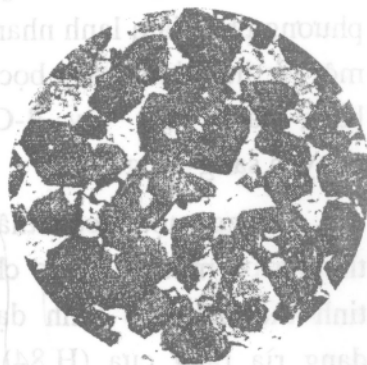
2. Nhận biết các khoáng trong clinke XMP

2.1. Alit - C_3S

Silicat ba canxi là thành phần cơ bản của khoáng alit. Alit là dung dịch rắn của C_3S với một số oxyt như Fe_2O_3 ($0,5 \div 1,5\%$), Cr_2O_3 ($0 \div 1\%$), Al_2O_3 và MgO ($0 \div 2\%$), MnO_2 ($0 \div 3\%$) v.v...

Nghiên cứu trong một nicôn thấy tinh thể alit có dạng hình sáu cạnh không đều và hình chữ nhật (H.83), đôi khi phát hiện có cát khai hơi mờ theo một phương.

Alit không màu, khi lẫn tạp chất màu có thể thay đổi. Thí dụ, C_3S có màu xanh lá cây khi hoà tan một ít Cr_2O_3 , có màu phớt nâu khi hoà tan Fe_2O_3 . Tinh thể alit đôi khi có cấu trúc vùng ở dạng những đường vành có màu khác với nền của vật chất tinh thể. Nguyên nhân cấu trúc vùng là do phân bố không đều tạp chất, thí dụ như tạp MnO_2 .



Hình 83. Tinh thể alit.

Trong nicôn trực giao, alit có màu xám xanh, xám thép do lưỡng chiết yếu. Chiết suất $n_g = 1,723$, $n_p = 1,717$, trị số lưỡng chiết = $0,006$. Tinh thể alit thuộc hệ sáu phương, quang tính âm, $Z+$.

Trong clinke ít gặp C_3S được hình thành từ phản ứng pha rắn mà thông thường là được kết tinh từ pha lỏng.

2.2. Belit - $\beta-C_2S$

Belit thường chứa một số tạp oxyt trong dạng dung dịch rắn, do vậy màu sắc của nó có bị thay đổi. Thí dụ Fe_2O_3 nhuộm belit thành màu vàng, Cr_2O_3 nhuộm C_2S thành màu xanh lá cây.

C_2S có biến đổi thù hình và có các dạng thu hình sau đây từ nhiệt độ cao xuống thấp: α , β và γ - C_2S . Dạng β - C_2S tồn tại ở nhiệt độ lớn hơn $675^{\circ}C$. Sau khi nung và làm lạnh lâu clinke ở $675^{\circ}C$, β - C_2S chuyển sang γ - C_2S có kèm theo nở thể tích khoảng 10% và làm cho clinke bị tả thành bột. Dạng γ - C_2S không có tính chất thủy lực, một khoáng trơ với nước.

Để ổn định dạng β - C_2S , có thể đưa vào phối liệu xi măng các oxyt: B_2O_3 ($0,5 \div 1\%$), Al_2O_3 , P_2O_5 , V_2O_5 v.v... Các chất ổn định đi vào mạng tinh thể của C_2S khi nung clinke và ổn định nó. Ngoài ra có thể dùng phương pháp làm lạnh nhanh clinke để tạo một vỏ thủy tinh mỏng bọc quanh hạt C_2S , bằng cách như vậy β - C_2S không thể chuyển sang dạng γ - C_2S .

Trong một nicôn thấy tinh thể C_2S thường có màu vàng do chứa Fe_2O_3 . Các tinh thể bêlit có hình dạng tròn, oval, dạng rìa răng cưa (H.84). Các tinh thể dạng tròn, oval được hình thành ở điều kiện làm lạnh nhanh clinke. C_2S dạng rìa răng cưa được hình thành khi clinke được làm lạnh chậm (bắt đầu có sự biến đổi dạng β sang γ - C_2S).



Hình 84. Hình dạng tinh thể C_2S .

Trong nicôn trực giao bêlit có màu vàng. Chiết suất $n_g = 1,735$, $n_p = 1,717$. Trị số lưỡng chiết = 0,018. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính dương, Z-.

2.3. Aluminat ba canxi - C_3A

Trường hợp clinke không chứa kiềm hoặc khi làm lạnh quá chậm, C_3A kết tinh ở hệ khối, $n = 1,710$. Trong lát mẫu ánh sáng xuyên thấy C_3A không màu, tinh thể có dạng hình chữ nhật hoặc sáu cạnh gần giống như hình dạng của C_3S . Clinker không chứa kiềm và được làm lạnh bình thường, C_3A được kết tinh ở dạng hạt rất nhỏ và hoàn toàn không kịp kết tinh khi làm lạnh clinke quá nhanh.

Khi clinke có chứa kiềm và được làm lạnh bình thường, C_3A được kết tinh ở dạng hình lăng trụ và bất đẳng hướng quang học, chiết suất trung bình = 1,72, trị số lưỡng chiết = 0,005 và tinh thể tắt đứng.

2.4. Xelit – C_4AF

Trong ánh sáng xuyên thấy tinh thể C_4AF có màu vàng, nâu vàng, nâu thẫm và có tính đa sắc.

Hình dạng tinh thể C_4AF phụ thuộc nhiều vào tốc độ làm lạnh cũng như modul alumin (tỷ lệ Al_2O_3/Fe_2O_3) của clinke.

Khi modul alumin thấp và clinke được làm lạnh chậm, tinh thể C_4AF có dạng lăng trụ ngắn và khi modul alumin cao – có dạng hình kim nhỏ. Khi làm lạnh clinke quá nhanh, C_4AF không kịp kết tinh.

Thông thường C_4AF có chiết suất $n_g = 2,04$, $n_m = 2,01$, $n_p = 1,96$, trị số lưỡng chiết = 0,080. Tinh thể hệ trục thoi, quang tính âm.

Trong các loại clinke công nghiệp chiết suất của C_4AF thường có sự dao động do C_4AF tạo dung dịch rắn với các khoáng khác. Dung dịch rắn của C_4AF với C_3A (theo một số nhà nghiên cứu là với C_5A_3 có cấu trúc gần với C_4AF) có chiết suất $n_g = 1,854$, $n_p = 1,714$. Ngược lại chiết suất của dung dịch rắn C_4AF với C_2F lại tăng lên, $n_g = 2,08$, $n_p = 1,98$.

2.5. Pha thủy tinh

Pha thủy tinh trong clinke có màu vàng phớt xanh, phớt nâu, phớt đỏ. Chiết suất của pha thủy tinh dao động theo thành phần hoá học của clinke.

Đối với clinke có modul alumin cao trên 3,2, chiết suất của pha thủy tinh $n = 1,70$. Khi modul alumin thấp khoảng 0,64, pha thủy tinh có $n = 1,85$.

Hàm lượng của pha thủy tinh phụ thuộc vào tốc độ làm lạnh clinke, dao động trong khoảng $0 \div 3\%$ khi làm lạnh từ từ và $8 \div 20\%$ khi làm lạnh nhanh. Làm lạnh clinke càng nhanh, C_3A cùng C_4AF không kịp kết tinh và lượng pha thủy tinh càng lớn.

Các khoáng C_3A và C_4AF được gọi là vật chất trung gian do ở nhiệt độ nung cao cả hai khoáng đều ở trạng thái nóng chảy lỏng. Tùy theo điều kiện làm lạnh clinke mà đặc tính kết tinh của vật chất trung gian có sự thay đổi. Vật chất trung gian cùng với pha thủy tinh tạo nên vật chất nền trong clinke.

Việc nhận biết các thành phần khoáng của vật thể nền trong mẫu ánh sáng xuyên thường gặp nhiều khó khăn. Nguyên nhân là do chiết suất của C_3A gần giống với C_3S , C_2S , do màu sắc của C_4AF gần giống như pha thủy tinh, mặt khác các tinh thể của vật chất trung gian có kích thước đôi khi rất nhỏ. Do vậy thường thấy vật thể nền trong kính hiển vi là một khối vật chất có màu vàng, nâu vàng và hình dạng là không gian còn lại sau khi C_3S , C_2S đã kết tinh.

Nhận biết các khoáng trong vật thể nền bằng ánh sáng phản xạ cho kết quả tốt hơn. Mỗi một khoáng đều có màu sắc riêng của mình sau khi được ngó dọc bằng các dung dịch hoá chất thích hợp. Phương pháp nghiên cứu clinke bằng ánh sáng phản xạ đã được đề cập trong nhiều tài liệu nghiên cứu chuyên ngành.

2.6. CaO tự do và MgO tự do

Trong các loại clinke thông thường, hàm lượng CaO tự do không lớn (đến 1%) và tồn tại ở dạng hạt tròn rất nhỏ, cỡ $1 \div 5\mu m$. Tinh thể CaO thuộc hệ khối, không màu và $n = 1,836$.

Tinh thể MgO thuộc hệ khối, có dạng hạt tròn không màu, kích thước từ $1 \div 15\mu m$ và $n = 1,736$. Nghiên cứu cho thấy oxyt manhê có thể tồn tại ở các dạng sau đây:

- a. Ở dạng MgO tự do (periclaz).
- b. Tạo dung dịch rắn với C_4AF .
- c. Hoà tan trong pha thủy tinh của clinke.
- d. Ở dạng bao thể MgO trong tinh thể C_3S .

Do vậy hàm lượng MgO tự do được xác định bằng kính hiển vi luôn luôn nhỏ hơn lượng MgO trong thành phần hoá học của clinke.

3. Các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến cấu trúc khoáng trong clinke

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung

Quá trình tạo khoáng xảy ra một cách liên tục và nối tiếp nhau theo nhiệt độ trong lò nung clinke.

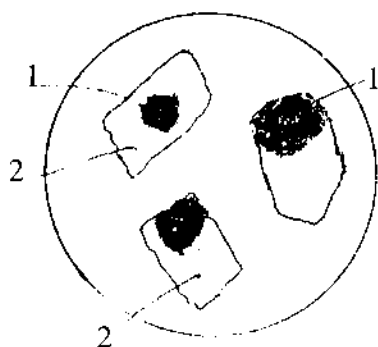
Trong các mẫu nung ở vùng nhiệt độ thấp ($700 \div 900^{\circ}\text{C}$), phân tích thạch học cho thấy các khoáng clinke được hình thành trong phản ứng pha rắn từ các oxyt. Các khoáng là một vật thể dạng hạt rất mịn và rất khó xác định các tính chất quang học của khoáng.

Trong khoảng nhiệt độ $1000 \div 1300^{\circ}\text{C}$, kính hiển vi phát hiện được khoáng C_2S tương đối thuận lợi vì kích thước C_2S đủ lớn. Phát hiện thấy C_3S hình thành trong pha rắn. Với liên kết với C_2S bắt đầu ở ngoài rìa hạt C_2S , sau đó càng khuếch tán sâu vào bên trong hạt. Thỉnh thoảng gặp một phần hạt còn lại của C_2S nằm bên trong hạt C_3S do phản ứng tạo khoáng chưa kết thúc hoàn toàn (H.85).

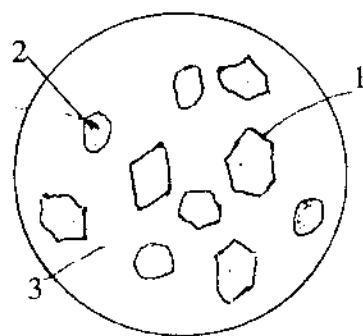
3.2. Ảnh hưởng của pha lỏng

Từ khoảng nhiệt độ 1300°C trở lên pha lỏng bắt đầu xuất hiện trong clinke. CaO và một phần C_2S được hoà tan và khuếch tán vào pha lỏng. Các ion Ca^{2+} , Si^{4+} , O^{2-} , $[\text{SiO}_4]^{4-}$ v.v... trong pha lỏng có độ linh động cao, va chạm nhau và dẫn đến tạo các mầm chồi C_3S , sau đó C_3S kết tinh thành những tinh thể lớn hơn (H.86).

Độ nhớt của pha lỏng có ảnh hưởng lớn đến sự tổng hợp các tinh thể C_3S . Khoáng C_3A với hàm lượng cao làm tăng độ nhớt pha lỏng, gây khó khăn cho tổng hợp C_3S . Ngược lại, C_4AF với hàm lượng lớn lại hạ thấp độ nhớt pha lỏng và tạo điều kiện tổng hợp nhiều C_3S .

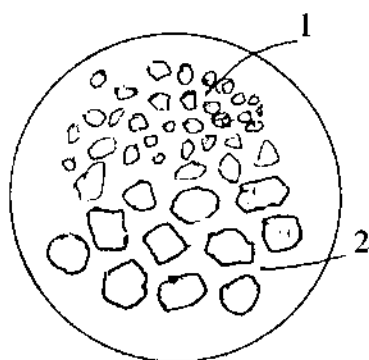


Hình 85. C_3S hình thành trong phản ứng pha rắn:
1- Tàn dư C_2S ; 2- Tinh thể C_3S .



Hình 86. C_3S kết tinh từ pha lỏng:
1- Tinh thể C_3S ; 2- Tinh thể C_2S ; 3- Vật chất nền.

Tăng nhanh quá trình tạo khoáng trong clinke, ở một mức độ lớn, còn phụ thuộc không những vào thành phần mà còn vào hàm lượng pha lỏng. Pha lỏng cần phải đủ để tạo điều kiện thẩm ướt và tiếp xúc tốt với các thành phần riêng lẻ trong clinke như CaO , C_2S để hoà tan chúng, nhưng pha lỏng không được dư thừa. Phối liệu được nghiền mịn không những tạo điều kiện tổng hợp các khoáng mà còn đảm bảo sự tiếp xúc đồng đều của pha lỏng với các khoáng. Nghiền thô phối liệu dẫn đến tạo các cụm pha lỏng ở các vùng riêng lẻ, một số vùng khác trong clinke thiếu pha lỏng. Kết tinh các khoáng được thuận lợi ở nơi nào có pha lỏng, nơi thiếu pha lỏng thì các tinh thể kết tinh không rõ hình dạng và nhỏ bé (H.87).



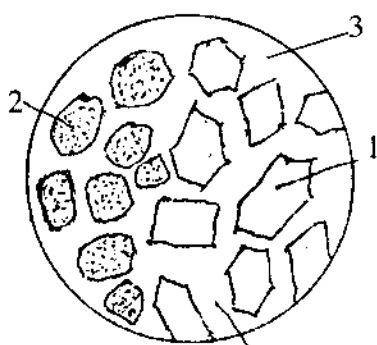
Hình 87. Các cụm khoáng kết tinh:
1- Cụm khoáng thiếu pha lỏng;
2- Cụm khoáng đủ pha lỏng.

3.3. Ảnh hưởng của độ nghiền mịn và trộn đều phối liệu

Trong clinke ở các nhà máy đôi khi quan sát thấy sự phân bố không đều của các khoáng, từng loại khoáng tập hợp nhau thành từng cụm riêng biệt hoặc kích thước của khoáng có sự chênh lệch nhau đáng kể. Nguyên nhân là do khả năng phản ứng của các loại nguyên liệu phụ thuộc vào kích thước hạt liệu và vào đặc điểm trộn đều của chúng, hàm lượng và thành phần pha lỏng.

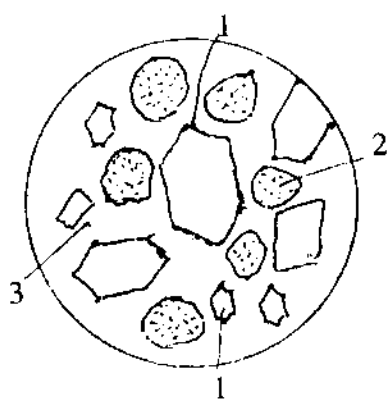
Nghiên cứu cho thấy phối liệu xi măng nghiền với độ sót sàng 4900 lỗ/cm² là 11% đã gây nên sự phân bố riêng biệt giữa các tinh thể C₃S và C₂S trong clinke (H.88). Cũng phối liệu này cho các khoáng C₃S, C₂S phân bố đều lẫn nhau khi nghiền đến độ sót sàng 4900 lỗ/cm² là 5 ÷ 6%.

Nghiên thô và trộn không đều còn là nguyên nhân chênh lệch kích thước các khoáng kết tinh. Quan sát thấy kích thước tinh thể C₃S dao động trong giới hạn rộng từ 25 ÷ 200μm (H.89).



Hình 88. Các cụm khoáng nằm riêng biệt:

1- Cụm C₃S; 2- Cụm C₂S;
3- Vật chất nền.



Hình 89. Chênh lệch kích thước của các tinh thể C₃S:

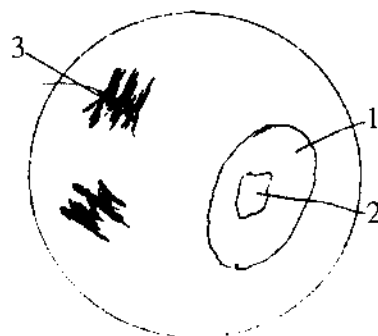
1- Các tinh thể C₃S; 2- Các tinh thể C₂S; 3- Vật chất nền.

3.4. Ảnh hưởng của chế độ làm lạnh

Khi làm lạnh clinke tương đối chậm, pha lỏng trong clinke được kết tinh tốt và có thể quan sát thấy các tinh thể C₃A, C₄AF tương đối lớn.

Khi làm lạnh nhanh clinke, pha lỏng được đông cứng lại thành một dạng vật chất có chứa nhiều hạt tinh thể mịn. Còn khi làm nguội quá nhanh, phần lớn pha lỏng được chuyển sang dạng thủy tinh.

Trong các mẫu clinke làm lạnh chậm còn thấy các tinh thể C_2S có rìa răng cưa và thậm chí bị bong rách ra thành từng mảnh. Ngoài ra còn quan sát thấy một số tinh thể C_3S bị phân huỷ (H.90), chung quanh tinh thể xuất hiện vỏ C_2S và đồng thời lượng CaO tự do trong clinke tăng lên.



Hình 90. Phân huỷ các tinh thể khi làm lạnh chậm clinke:
1- Vỏ C_2S ; 2- Phần C_3S còn lại sau khi bị phân huỷ; 3- Tinh thể C_2S bị bong tách.

3.5. Ảnh hưởng của thời gian nung, ảnh hưởng của kích thước viên liệu khi nung

Các công trình nghiên cứu cho thấy, khi phối liệu xi măng được nung nhanh thì các phản ứng tạo khoáng được tăng cường. Nguyên nhân là do phản ứng phân huỷ các nguyên liệu xảy ra đồng thời với phản ứng tạo silicat, aluminat và aluminat canxi. Khi nung phối liệu chậm rãi, phản ứng liên kết của vôi gặp khó khăn do việc tái kết tinh của vôi (vôi bị già).

Đặc điểm của clinke nung nhanh là có độ xốp lớn so với clinke nung chậm rãi, do vậy clinke nghiền dễ hơn. Về thành phần khoáng thì clinke nung nhanh và nung chậm gần giống nhau.

Theo các số liệu nghiên cứu, lưu thời gian lâu khi nung clinke ở vùng nhiệt độ cao (vùng nhiệt độ kết khối) là không có lợi, toàn bộ CaO đều được liên kết và làm cho cường độ đá xi măng thấp hơn so với cường độ đá xi măng từ clinke nung theo chế độ hợp lý. Nguyên nhân là do các tinh thể khoáng đã hình thành tiếp tục phát triển kích thước để đạt đến trạng thái cân bằng, trong trường hợp này mạng lưới các tinh thể được ổn định và các khuyết tật trong mạng tinh thể giảm xuống. Trạng thái phát

triển đến cân bằng của các tinh thể có ảnh hưởng không tốt đến quá trình hydrat hoá xi măng khi đông rắn.

Kích thước các viên hạt liệu được hình thành trong quá trình nung có ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ tạo khoáng của clinke. Hạt liệu có đường kính nhỏ hơn 5mm kết thúc quá trình tạo khoáng ở nhiệt độ nung cuối cùng chỉ sau 5 ÷ 7 phút. Liên quan đến kích thước hạt clinke, các nghiên cứu cũng cho thấy hàm lượng CaO tự do dao động mạnh theo kích thước hạt. Các hạt clinke nhỏ hơn 2mm chứa 0.45% CaO tự do và trong các hạt clinke lớn hơn 30mm – CaO tự do đạt gần 6%.

Trong các cỡ hạt clinke từ 2 ÷ 7mm, nghiên cứu cho thấy hàm lượng C_3A bị giảm xuống so với các cỡ hạt lớn hơn. Điều đó chứng tỏ quá trình tạo khoáng trong các hạt clinke bé xảy ra nhanh hơn và khoáng C_3A có điều kiện xâm nhập vào tinh thể C_4AF để tạo dung dịch rắn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- В. Б. ТАТАРСКИЙ. Кристаллооптика и иммерсионный метод исследования минералов. НЕДРА. 1965.
- 2- М.ФАНДЕРЛИК. Пороки стекла. Издат. по строительству. МОСКВА. 1964.
- 3- HERBERT INSLEY and V.D.FRECHETTE. Microscopy of ceramic and cements. Academic press inc. Publishers. NewYork. 1955.
- 4- Л.И.КАРЯКИН. Петрография огнеупоров. Металлургиздат. 1962.
- 5- MILOSLAV BATUŠKA. Mikroskopie silikátů. SNTL. 1963.
- 6- О. М. АСТРЕЕВА. Петрография вяжущих материалов. Госстройиздат. МОСКВА. 1959.

MỤC LỤC

	Trang
LỜI NÓI ĐẦU	3
Phần thứ nhất – QUANG HỌC TINH THỂ	
I. Phần mở đầu	5
1. Bản chất ánh sáng	5
2. Sự lan truyền các dao động điều hoà trực giao dọc theo đường thẳng	6
3. Ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực	8
4. Chỉ số chiết suất	9
5. Phản xạ toàn phần	11
II. Khúc xạ kép của ánh sáng trong tinh thể	13
1. Hiện tượng trong tinh thạch Aixơlen	13
2. Bề mặt sóng trong tinh thể	13
2.1. <i>Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng cao.</i>	14
2.2. <i>Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng trung.</i>	14
2.3. <i>Bề mặt sóng trong các tinh thể hạng thấp</i>	15
III. Mật quang suất	17
1. Hình dạng và vị trí mật quang suất trong các hạng tinh thể	17
2. Mật quang suất của các hạng tinh thể	18
2.1. <i>Hạng cao</i>	18
2.2. <i>Hạng trung</i>	18
2.3. <i>Hạng thấp</i>	19

IV. Phân cực ánh sáng trong tinh thể	21
1. Phân cực ánh sáng trong trường hợp phản xạ và khúc xạ	21
2. Tác dụng của kính phân cực lên ánh sáng phân cực .	22
3. Cấu tạo của kính nicôn	24
4. Ánh sáng qua hai nicôn. Nicôn song song và nicôn trực giao	26
5. Tinh thể giữa hai nicôn trực giao. Hiện tượng tắt . .	27
V. Màu sắc giao thoa của tinh thể	29
1. Hiệu số đường đi trong tinh thể	29
2. Khái niệm về giao thoa ánh sáng đơn sắc	31
3. Giao thoa trong nicôn song song và trực giao. Dùng ánh sáng đơn sắc	32
3.1. Trong nicôn song song	32
3.2. Trong nicôn trực giao	34
4. Giao thoa ánh sáng trắng. Thang màu giao thoa . . .	35
 Phần thứ hai: NGHIÊN CỨU TINH THỂ BẰNG KÍNH HIỂN VI PHÂN CỰC	
I. Nghiên cứu tinh thể bằng kính hiển vi phân cực –	
Dùng một nicôn	42
1. Hình dạng các khoáng	43
2. Tính cát khai	45
3. So sánh chiết suất của khoáng	46
3.1. Độ sần mặt nổi và viền nổi các hạt	46
3.2. Vòng Becke.	47
4. Màu sắc và tính đa sắc	49
5. Bao thể trong khoáng	51
6. Xác định kích thước và hàm lượng các khoáng . . .	51

II. Nghiên cứu tinh thể trong hệ nicôn trực giao –	
Dùng ánh sáng song song	52
1. Phát hiện lưỡng chiết suất	52
2. Xác định trị số lưỡng chiết suất	52
3. Đặc điểm tắt tinh thể của các hệ tinh thể. Tắt song tinh và tắt tinh thể hình cầu	56
3.1. Đặc điểm tắt của các hệ tinh thể	56
3.2. Tắt song tinh	56
3.3. Tắt tinh thể hình cầu	57
4. Dấu kéo dài của tinh thể	58
4.1. Tính song song thuận và song song nghịch	58
4.2. Dấu kéo dài (dấu vùng chính) của tinh thể	61
III. Nghiên cứu tinh thể trong nicôn trực giao –	
Dùng ánh sáng hội tụ	62
1. Tinh thể đơn trục trong ánh sáng hội tụ	63
1.1. Mặt cắt trực giao với trục quang học của tinh thể đơn trục	63
1.2. Mặt cắt xiên của tinh thể đơn trục	67
2. Tinh thể lưỡng trục trong ánh sáng hội tụ	69
2.1. Tiền đề Phorinen	69
2.2. Mặt cắt trực giao với phân giác nhọn (P-N)	70
2.3. Mặt cắt trực giao với trục quang học của tinh thể lưỡng trục	73
 Phần thứ ba: THẠCH HỌC SILICAT	
 A. Khoáng của nguyên liệu silicat	78
 I. Nguyên liệu sét	78
1. Caolinit- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	78
2. Monmorilonit- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$	79

3. Thủy mica–illit- 2,4(K,Na) ₂ O.1,2MO.8,8R ₂ O ₃ .24SiO ₂ .10H ₂ O	79
II. Nguyên liệu silic	80
1. Các khoáng trong nguyên liệu silic	80
1.1. Thạch anh-SiO ₂	80
1.2. Canxedoan-SiO ₂	81
1.3. Opan-SiO ₂ .nH ₂ O	81
2. Nguyên liệu silic	82
2.1. Thạch anh mạch	82
2.2. Quăczit	82
III. Fenpat	84
1. Nhóm phụ plagioclaz	84
2. Nhóm phụ octoclaz (fenpat kali-natri)	85
2.1. Octoclaz-K ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂	85
2.2. Microlin-K ₂ O.Al ₂ O ₃ .6SiO ₂	85
IV. Nguyên liệu cacbonat	86
1. Canxit-CaCO ₃	86
2. Đolomit-(Ca,Mg)CO ₃	86
3. Manhedit-MgCO ₃	87
B. Khoáng trong các sản phẩm công nghệ vật liệu silicat	87
I. Thủy tinh	87
1. Tật bề mặt	88
2. Vân thủy tinh	88
3. Bọt khí trong thủy tinh	89
4. Đá trong thủy tinh	89
4.1. Đá do phối liệu	90

4.2. Đá do gạch chịu lửa	91
4.3. Đá do thủy tinh kết tinh	95
II. Gốm sứ	98
1. Gạch đỏ	98
2. Sứ dân dụng, sứ điện	99
3. Sứ vệ sinh – xây dựng	102
III. Gạch chịu lửa	103
1. Gạch chịu lửa aluminosilicat	103
1.1. Gạch samot	103
1.2. Gạch cao nhôm	106
2. Gạch đinat	110
3. Gạch manhedi – crom	110
IV. Khoáng trong xi măng pooc lăng	114
1. Quá trình tạo khoáng trong clinke XMP	115
2. Nhận biết các khoáng trong clinke XMP	117
2.1. Alit - C_3S	117
2.2. Belit - $\beta\text{-}C_2S$	117
2.3. Aluminat ba canxi - C_3A	118
2.4. Xelit - C_4AF	119
2.5. Pha thủy tinh	119
2.6. CaO và MgO tự do	120
3. Các yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến cấu trúc khoáng trong clinke	121
3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung	121
3.2. Ảnh hưởng của pha lỏng	121
3.3. Ảnh hưởng của độ nghiền mịn và trộn đều phối liệu	123
3.4. Ảnh hưởng của chế độ làm lạnh	123

3.5. Ảnh hưởng của thời gian nung, ảnh hưởng của kích thước viên liệu khi nung	124
Tài liệu tham khảo	127

KHOÁNG VẬT HỌC SILICAT

TÁC GIẢ: HUỖNH ĐỨC MINH

Chịu trách nhiệm xuất bản :

PGS.TS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa bài:

THS. NGUYỄN HUY TIẾN
NGỌC LINH
QUANG NGỌC

Trình bày bìa:

HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo – Hà Nội

In 800 cuốn, khổ 16 x 24cm tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc
Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/120-06/KHKT ngày 23/3/2006
In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2006.

206096



Giá: 21.000đ