

© В. П. КОМПАНЕЙЦЕВ

ГРАДУИРОВКА КОНОСКОПА ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО МИКРОСКОПА¹

V. P. KOMPANEITSEV. GRADUATION OF CONOSCOPE OF THE POLARIZATION MICROSCOPE

e-mail: vpkomp@rambler.ru

The uniaxial crystal of quartz is proposed to be used as the standard to define the Mallard's constant. This approach is based on dependence of the constant on the value of misalignment of isogyre with turning of the microscope stage, as well as on the angle of turning and inclination of optical axis of the uniaxial crystal. The formula for calculation is displayed. Preferences of using uniaxial crystals are described, in comparison with biaxial crystals.

Большинство современных моделей поляризационных микроскопов имеет коноскоп — устройство, позволяющее наблюдать интерференционную фигуру в сходящемся (коническом) пучке света и определять оптический знак и угол оптических осей (2V) анизотропных кристаллов. Последний определяется по формуле (Татарский, 1965)

$$\sin V = \frac{D}{Kn_m}, \quad (1)$$

где V — половина угла оптических осей; O — половина расстояния между вершинами ветвей изогирь при их максимальном расхождении, измеренное в делениях окуляр-микрометра; K — константа Малляра, определяемая для каждого микроскопа экспериментально; n_m — средний показатель преломления кристалла.

¹ Предлагаемый метод принципиальных возражений не встречает, однако целесообразность его практического использования вызывает сомнения. Определение величины угла оптических осей (а именно для этого и нужна константа Малляра) более точно и надежно производится на федоровском столике (особенно при применении коноскопирования на федоровском столике), при этом в отличие от метода Малляра не требуется нахождения сечения, перпендикулярного острой биссектрисе. Отметим, что и автору для определения ориентировки эталонного кристалла кварца приходится прибегать к федоровскому методу. Но и при использовании коноскопического метода Малляра преимущества кварца как эталонного минерала вызывают сомнения. Низкое двупреломление кварца уменьшает точность фиксации изогирь — значительно более высокодвупреломляющий мусковит, рекомендуемый В. Б. Татарским, в этом отношении, несомненно, предпочтительнее. Острая биссектриса мусковита практически перпендикулярна плоскости спайного листочка, так что указываемые автором недостатки двуосного минерала (трудности подбора минерала и нахождения нужного сечения) при использовании мусковита отпадают. (Прим. рецензента.)

Для градуировки коноскопа необходимо знать значение константы Малляра. Известны два способа ее определения: 1) с помощью специального прибора — апертометра и 2) по эталону, в качестве которого используется двусосный минерал. Первый способ не получил широкого применения. Градуировка коноскопа — разовая операция, проводимая перед началом эксплуатации микроскопа. В связи с этим в комплект принадлежностей поляризационных микроскопов, выпускаемых нашей промышленностью, апертометр не входит, а в руководствах по их эксплуатации рекомендуется определять константу Малляра вторым способом.

Этот способ имеет ряд недостатков.

а. Трудности подбора минерала в качестве эталона. Для градуировки коноскопа подходят минералы, дающие четкую коноскопическую картину (т. е. с достаточно высоким двуупреломлением), с углом $2V$ от 30 до 50° . Таких минералов немного и они могут отсутствовать в коллекции у специалиста, работающего с поляризационным микроскопом. Обычно для определения константы Малляра в качестве эталона используют барит с $2V = 37.5^\circ$ (Елисеев, 1956) или мусковит с $2V = 30\text{—}45^\circ$ (Татарский, 1965).

б. Трудности поиска зерен эталонного минерала с сечением, ориентированным перпендикулярно острой биссектрисе. Если в шлифе мало зерен эталонного кристалла, то среди них трудно или невозможно подобрать индивиды с требуемой ориентировкой оптической индикатрисы. Косые сечения зерен не пригодны для градуировки, так как в них невозможно одновременно наблюдать обе ветви изогрифы при их максимальном расхождении. Расчет показывает, что лишь одно из $50\text{—}80$ случайно ориентированных зерен двусосного минерала пригодно в качестве эталона.

в. Невозможность измерения константы Малляра по всей шкале окуляр-микрометра с помощью одного эталонного минерала. В области малых, средних и больших коноскопических углов оптических осей константа Малляра несколько различна (Татарский, 1965). Поэтому градуировка по всему диапазону коноскопа возможна лишь при использовании нескольких эталонных минералов с разными углами оптических осей. Это условие из-за трудностей подбора эталонных минералов в практической работе обычно не соблюдается, что ведет к дополнительным погрешностям коноскопического измерения угла оптических осей.

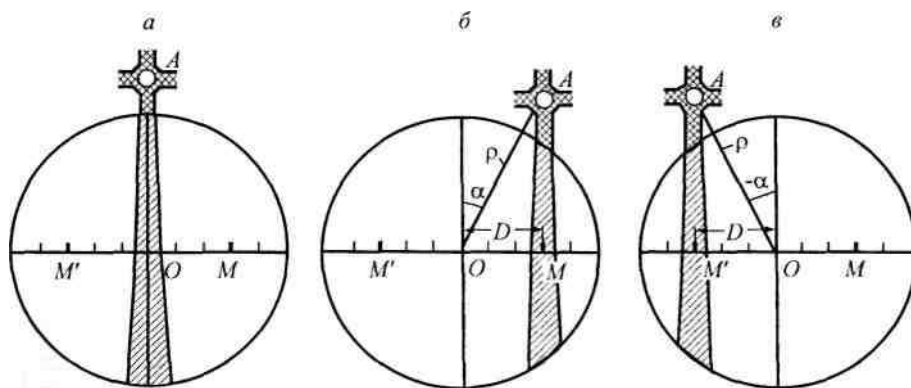
Вместо двусосного минерала в качестве эталона можно использовать одноосный минерал (Компанейцев, 1987). Расчет константы Малляра ведется по формуле

$$K = \frac{D\sqrt{1 - \sin^2 \rho \cos^2 \alpha}}{n_m \sin \rho \sin \alpha}, \quad (2)$$

где D — расстояние от центра поля зрения коноскопа до точки пересечения изогрифы шкалы окуляр-микрометра, в делениях шкалы; ρ — угол, образуемый оптической осью эталонного одноосного минерала с перпендикуляром к плоскости шлифа, измеренный на федоровском столике; α — угол поворота столика микроскопа от положения погасания зерна эталонного минерала в проходящем свете до положения, при котором изогрифа пересекает шкалу окуляр-микрометра на расстоянии в D делений от центра коноскопа; n_m — средний показатель преломления минерала.

В качестве эталона удобно использовать широко распространенный минерал — кварц, средний показатель преломления которого равен $n_m = 1.549$. Для градуировки по всему диапазону шкалы окуляр-микрометра пригодны зерна кварца, в которых оптическая ось образует с нормалью к плоскости шлифа угол $\rho = 30\text{—}60^\circ$ для объектива 60. При меньших углах в поле зрения виден крест интерференционной фигуры, балка которого не будет пересекать крайние деления шкалы окуляр-микрометра. При $\rho > 60^\circ$ изогрифа широкая, из-за чего снижается точность ее установки на выбранное деление шкалы.

Порядок выполнения градуировки коноскопа. Перед началом работ необходимо выполнить обычные регулировки и проверки микроскопа: отцентрировать объек-



a — исходная позиция, в которой изогиря совмещена с вертикальной нитью окулярного креста; *б* — позиция после поворота столика на угол α , изогиря совмещена с делением *M* линейки окуляр-микрометра; *в* — то же, поворот столика в обратном направлении на угол α , изогиря совмещена с делением *M'*; *A* — выход оптической оси одноосного кристалла; *O* — центр окулярного перекрестия; ρ — полярный угол оптической оси (дуга *OA*); *D* — расстояние от центра окулярного креста до изогиря.

Measurement of angles of the stage turning for calculation of the Mallard's constant for the standard uniaxial mineral.

тив, установить николи в скрещенное положение, проверить совпадение нитей окулярного креста с направлением световых колебаний в николях, отрегулировать освещение. Особое внимание следует уделить центрировке коноскопа. Во всех четырех позициях погасания кристалла (установка в параллельном свете при скрещенных николях, через каждые 90° угла поворота столика) прямая изогиря должна совпадать с одной из нитей окулярного креста (см. рисунок, *a*). При невыполнении этого условия производится центрировка регулировочными винтами на линзе Бертрانا.

Отсчеты углов α_1 и α_2 по лимбу предметного столика производятся в двух позициях: в исходном положении (см. рисунок, *a*), когда изогиря совпадает с вертикальной нитью окулярного креста (позиция погасания кристалла) и после совмещения изогиря с заданным делением шкалы окуляр-микрометра (см. рисунок, *б*). Угол поворота столика рассчитывают по формуле $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$.

Полученное значение α используется для расчета константы Малляра по формуле (2).

Точность измерения α можно повысить, если отсчет α_1 снять после совмещения изогиря с делением *M'*, удаленным от окулярного перекрестия на то же расстояние *D* что и *M*, но в противоположном направлении (см. рисунок, *в*). Этот прием позволяет компенсировать погрешности центрировки коноскопа и неточность установки кристалла в исходной позиции (см. рисунок, *a*). Угол поворота столика в данном случае рассчитывается по формуле $\alpha = (\alpha_2 - \alpha_1)/2$.

Пример градуировки коноскопа. Необходимо откалибровать коноскоп микроскопа Полам Р-111 в области малых, средних и больших коноскопических углов по эталонному минералу — кварцу. В зерне кварца на федоровском столике замерен угол между оптической осью и нормально к плоскости шлифа $\rho = 49.5^\circ$, объектив 60. Радиус поля зрения коноскопа — 17 делений окуляр-микрометра.

Константу Малляра рассчитываем для 5, 10 и 15 делений окуляр-микрометра, считая их соответствующими малым, средним и большим коноскопическим углам. Для этих делений замерены следующие углы α поворота столика микроскопа: 6.8, 14.5 и 25.0° . По формуле (2) определены соответствующие им значения константы Малляра *K*: 23.5, 22.9 и 21.8.

Показатель преломления, n	Константа Малляра, K																
	23.5					22.9					21.8						
	Деления шкалы окуляр-микрометра																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Коноскопический угол, град																	
1.5	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	19	20	23	25	27	29	31
1.6	2	3	5	6	8	9	11	13	14	16	17	19	22	24	25	27	29
1.7	2	3	5	6	7	9	10	12	13	15	16	18	21	22	24	26	27
1.8	2	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	19	21	22	24	26

По полученным значениям K , с учетом показателей преломления n_m , по формуле (1) рассчитана цена деления коноскопа по всей шкале окуляр-микрометра (см. таблицу).

Пример пользования таблицей. При коноскопическом измерении угла оптических осей в минерале с $n_m = 1.6$ замерено расстояние между вершинами ветвей изогирь, равное $2D = 22$ деления. $D = 22 : 2 = 11$. По таблице находим коноскопический угол, соответствующий 11 делениям: $V = 17^\circ$; $2V = 17^\circ \times 2 = 34^\circ$.

Применение одноосного минерала в качестве эталона по сравнению с двuosным минералом имеет следующие преимущества:

1) подбор эталонного минерала не представляет трудности — для этой цели пригоден один из наиболее распространенных в природе минералов — кварц;

2) поиск зерен нужного сечения не отнимает много времени — для градуировки подходит каждое третье случайно ориентированное зерно одноосного минерала;

3) за счет плавного смещения изогирь при вращении столика микроскопа возможно определение константы Малляра для разных коноскопических углов по одному зерну эталонного минерала.

Список литературы

- Елисеев Н. А. Методы петрографических исследований. Л.: Изд-во ЛГУ, 1956. 275 с.
 Компанейцев В. П. Авторское свидетельство № 13 54032 «Способ калибровки коноскопа поляризационного микроскопа». Заявл. 03.03.86. Оpubл. 23.11.87. Бюл. № 43, 1987.
 Татарский В. Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод. М.: Недра, 1965. 306 с.

Поступила в редакцию

24 апреля 2006 г.