

УДК 548:524

МИНЕРАЛОГИЯ

Т. А. ВЕЛИКОБОРЕЦ

**МОРФОЛОГИЯ КРИСТАЛЛОВ МАГНЕТИТА И ПИРИТА
КАК ФАКТОР ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ
МАГНЕТИТОВЫХ РУД**

(Представлено академиком В. И. Смирновым 27 II 1975)

При изучении кристалломорфологии пирита и магнетита контактово-метасоматических железорудных месторождений Тургайского прогиба установлено существенное различие габитусных форм названных минералов в сплошных тонкозернистых и перекристаллизованных магнетитовых рудах.

Так, в первых абсолютно преобладают кубические кристаллы пирита; в участках слабо перекристаллизованных мелкозернистых руд габитус кристаллов меняется на кубо-пентагон-додекаэдрический, в средне-крупнозернистых и, особенно, параллельно-шестоватых рудах резко преобладает форма (120).

По времени образования гексаэдры пирита сопоставляются с магнетитом октаэдрического габитуса, возникшим в конце метасоматической стадии и начале стадии перекристаллизации. Такой магнетит распространен в рудах в виде одиночных кристаллов, цепочек и редких друз перекристаллизации.

Кубо-пентагон-додекаэдрические кристаллы пирита в мелкозернистых участках, линзах, гнездах перекристаллизации одновременны с кристаллами магнетита, составленного комбинацией форм (111)+(531). Часто кристаллизация этих минералов настолько синхронна, что один из участков кубо-пентагон-додекаэдрического кристалла пирита оставляет четкий отпечаток прямой штриховки на соседнем кристалле магнетита, другой участок того же пиритового кристалла представляет собой не менее четкий отпечаток скульптуры грани магнетитового кристалла.

Наконец, пентагон-додекаэдры пирита в средне-крупнозернистых друзах перекристаллизации сопоставляются с магнетитовыми кристаллами гексактаэдрического облика.

Пирит пентагон-додекаэдрического габитуса наряду с магнетитом оказался вовлеченным в процесс перекристаллизации. Об этом свидетельствуют обрывки зональных контуров роста в центре пластинчатых выделений и, как правило, зернистое строение их внешних зон. Такая морфология пиритовых выделений, возможно, связана с проявлением односторонней перекристаллизации по принципу Рикке (¹).

Рассмотрение эволюции габитусных форм пирита и магнетита в процессе перекристаллизации с учетом пространственного распределения перекристаллизованных руд в пределах месторождения позволило получить некоторые данные о физико-химических условиях процесса перекристаллизации магнетитовых руд.

Как известно, для начала процесса перекристаллизации необходимо преодоление некоторого «энергетического порога», для чего требуются особо благоприятные условия, реализуемые в природе далеко не всегда. Вероятно, фактором, способным вызвать достаточное изменение условий среды, могли быть мощные внутрирудные поднятия, в результате которых

блоки сплошной тонкозернистой руды оказались в ином P — T -интервале. Неизбежное при этом повышение окислительного потенциала поровых растворов и вызвало начало перекристаллизации магнетитовых руд. Сказанное подтверждается частичной мартитизацией октаэдрических кристаллов магнетита в друзах начального периода перекристаллизации. Начавшийся вслед за этим процесс сульфидизации магнетитовых руд выступает действенным «регулятором» дальнейшего течения процесса перекристаллизации. Привнос серы понижает не только окислительный потенциал среды, но и концентрацию ионов железа в поровых растворах. В этих условиях октаэдрические кристаллы магнетита становятся неустойчивыми и частично растворяются. Вновь растущие кристаллы представлены уже комбинацией форм (111) + (531).

Параллельно с изменением габитуса магнетитовых кристаллов форма кристаллов пирита меняется с кубической на кубо-пентагон-додекаэдрическую (табл. 1).

Образование магнетита и пирита отмеченных габитусов характеризует собой длительный период, когда процессы перекристаллизации и сульфидизации достигают своего максимального развития и становятся ведущими на значительных участках месторождения.

Следующий этап перекристаллизации руд характеризуется полным исчезновением граней (111) на кристаллах магнетита. Друзы перекристаллизации сложены гексооктаэдрами, с которыми параллелизуются пентагон-додекаэдры пирита (табл. 1).

Характерно, что при резком преобладании отмеченных форм в таких друзах встречаются иногда одиночные кубические кристаллы пирита (табл. 1). Охарактеризованные кристаллографические формы магнетита и пирита знаменуют собой завершающий этап перекристаллизации, когда значительно ослабевает привнос серы.

Самая поздняя морфологическая разновидность магнетитовых кристаллов в друзах перекристаллизации представлена гексооктаэдрами с закругленными вершинами и ступенчатыми ребрами. В таких друзах встречаются одиночные пентагон-додекаэдры пирита с гранями (531) в качестве дополнительных (табл. 1).

В друзах этого типа автором впервые на Соколовском месторождении обнаружены единичные ромбододекаэдры магнетита. Образование таких кристаллов и отмеченных выше гексаэдров пирита оказалось возможным, вероятно, вследствие локальных и временных повышений окислительного потенциала, а также концентрации железа в растворах, возможных в этот заключительный этап перекристаллизации, когда прекращается привнос серы и отложение сульфидов.

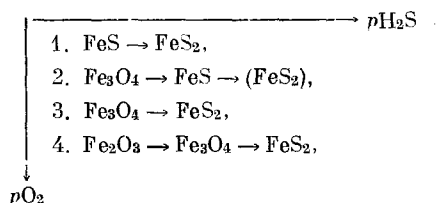
Таким образом, магнетит в ходе перекристаллизации, а пирит в процессе кристаллизации покрываются гранями со все меньшей плотностью:

$$E_{111}=45\,723, E_{110}=28\,000, E_{531}=13\,391 \text{ — для магнетита } (^2);$$

$$E_{100}=10\,584, E_{210}=9296, E_{120}=4646, E_{531}=3511 \text{ — для пирита } (^3).$$

Такая аналогия эволюции габитусных форм тесно сосуществующих минералов свидетельствует о постепенном падении не только окислительного потенциала среды, но также и концентраций железа и серы в растворах.

Вместе с тем из сопоставления парагенезисов в системе Fe-S-O (⁴):



Относительные изменения физико-химических параметров среды					Магнетит		Пирит		Содержание пирита
					габитус кристаллов	размер кристаллов, см	габитус кристаллов	размер кристаллов, см	
Рудный метасоматоз	↓	↓	↓	↓	Октаэдрический (111)	0,7—2,0	Кубический (100)	0,5—1,0	В рудах до 3,0—7,0%
Нарастание процесса перекристаллизации	↓	Нарастание процесса сульфидизации	↓	↓	Октаэдрический (111)	0,3—0,4	(100) $\overset{>}{+}$ (111) *	0,3—0,8	В друзах перекристаллизации до 1,0—3,0%
↓	↓	Понижение окислительного потенциала среды	↓	↓	Комбинация форм (111) + (531)	0,6—1,5	Кубический (100) $\overset{>}{+}$ (111) + (120)	↓	В друзах перекристаллизации до 5,0—7,0%
↓	↓	↓	↓	Образование параллельно-шестоватых, игольчатых, перистых агрегатов магнетита с пластинчатым пиритом	↓	↓	Кубо-пентагон-додекаэдрический (100) $\overset{>}{+}$ (210) (100) $\overset{>}{+}$ (210) (120) $\overset{>}{+}$ (100) (120) $\overset{>}{+}$ (140) + (320) + (100) + (111) + (121)	0,3—0,7	В линзах, сложенных параллельно-шестоватым магнетитом, до 3%
Ослабление процесса перекристаллизации	↓	Снижение интенсивности выпадения сульфидов	↓	↓	Комбинация форм (531) + (111)	0,3—0,6	Пентагон-додекаэдрический (120) $\overset{>}{+}$ (100) (120) $\overset{>}{+}$ (100) + (121) (120) $\overset{>}{+}$ (130) + (140) + (320)	↓	В друзах перекристаллизации до 1,0%
↓	↓	↓	↓	Локальное повышение окислит. потенциала	Ромбододекаэдрический (110)	0,1—0,2	Кубический (100)	↓	В друзах перекристаллизации единичные кристаллы несовершенной формы
↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,3—0,4	Пентагон-додекаэдрический (120) $\overset{>}{+}$ (100) (120) $\overset{>}{+}$ (khl) (120) $\overset{>}{+}$ (531)	0,2—0,3	
↓	↓	↓	↓	↓	Гексаоктаэдрический (531)	0,2—0,3			

* Символ $\overset{>}{+}$ означает преобладающее развитие на кристаллах граней одной простой формы.

в значительной мере определяемых соотношением концентрации серы и кислорода в растворе в процессе рудообразования, следует, что существование рассматриваемой нами ассоциации возможно при довольно высоких значениях химических потенциалов серы и кислорода (п. 3 схемы).

Не имея возможности оценить абсолютные значения этих величин, можно все же предполагать, что колебания режима серы и кислорода в сосуществующих процессах сульфидизации и перекристаллизации магнетитовых руд происходили вокруг довольно высокого уровня. Они были недостаточно велики, чтобы повлиять на устойчивость парагенезиса магнетит — пирит в целом и привести к полной смене парагенетической ассоциации минералов, но вполне достаточны, чтобы вызвать существенное изменение габитусных форм минералов данной ассоциации.

Изменение химических потенциалов серы и кислорода носит, вероятно, пульсационный ритмичный характер: внутри крупных уровней-ритмов можно наметить ряд более мелких флуктуаций.

При этом наиболее резкие и значительные изменения режима серы и кислорода в растворах могут вызвать полную смену парагенезиса вследствие процессов мартитизации, с одной стороны, и образования пирротина — с другой. Более мелкие колебания уровня окислительно-восстановительного потенциала, лимитирующего устойчивое существование ассоциации магнетит — пирит, обуславливает эволюцию габитусных форм минералов путем замены более плотных граней менее плотными.

Еще менее значительные колебания тех же параметров внутри уровня, обеспечивающего устойчивость определенной габитусной формы кристаллов магнетита и пирита, фиксируются в особенностях микрорельефа их граней.

Наконец, слабые, локально проявленные флуктуации режима серы и кислорода на фоне падения концентрации железа вызывают переход прерывисто-послойного механизма роста граней в спиральный непрерывный при сохранении общего гексагонально-полицентрического мотива скульптуры граней кристаллов магнетита ⁽⁵⁾.

Таким образом, каждому уровню колебаний параметров среды отвечает определенный уровень изменений, происходящих с минералами, составляющими парагенетическую ассоциацию, а это становится дополнительным критерием при оценке условий кристаллизации на разных участках месторождения.

Автор благодарен проф. Д. П. Григорьеву за советы при работе над статьей.

Горный институт им. Г. В. Плеханова
Ленинград

Поступило
20 II 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. П. Григорьев, Онтогенез минералов, Львов, 1961. ² Р. М. Алиев, ДАН, т. 172, № 5, 1161 (1967). ³ В. Г. Фекаличев, Р. М. Алиев, Зап. Всесоюз. мин. общ., т. 102, 2, 195 (1973). ⁴ А. Г. Бегехтин и др., Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях, М., 1955. ⁵ Т. А. Великоборец, ДАН, т. 182, № 1, 181 (1968).