

О. В. КАРПОВА, Р. А. МИНИБАЕВ

О МАГГЕМИТЕ ИЗ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД
МАТКАЛЬСКОГО МАССИВА

В литературе имеются многочисленные сведения о нахождении маггемита, однако достоверные данные об этом весьма интересном и еще недостаточно изученном минерале приведены всего лишь в нескольких работах (Sosman, Posnjak, 1925; Newhouse, Glass, 1936; Овчинников, 1953; Павлов, 1957).

Нами исследовался маггемит из сплошных титаномagnetитов Маткальского габбрового массива протерозойского возраста. Маггемит встречается в титаномagnetитовых рудах, залегающих преимущественно в мелкозернистых разновидностях габбро, и отсутствует в рудах, приуроченных к пегматоидному габбро, где интенсивное развитие получил процесс мартитизации.

Маггемит в полированных шлифах отчетливо наблюдается с применением иммерсионных объективов (увел. 1425 \times), иногда при очень внимательном рассмотрении — без иммерсии. Размер выделений маггемита не превышает нескольких микрон (в среднем 2—5 $\mu\text{к}$) в длину и десятых долей микрона в поперечнике. Распределен маггемит в пределах шлифов крайне неравномерно и находится в переменном количестве, не превышая по объему 1—2% рудной массы. Морфологические особенности выделений маггемита и его количество в титаномagnetите в какой-то мере зависят от степени метаморфизма. В менее метаморфизованных участках титаномagnetита в краевых частях зерен и около трещинок наблюдается очень тонкий рисунок, выраженный неоднократным чередованием ильменитовых пластинок, представляющих собой продукты распада твердого раствора в магнетите, и извилистых выделений маггемита, окаймляющих их. В таких местах маггемит, развиваясь по магнетиту, отчетливо выявляет внутреннюю структуру зерен титаномagnetита, которая по удалении от краев к центру не обнаруживается. В участках титаномagnetита, где ильменитовые пластинки в процессе метаморфизма сегрегировались в неправильные зернышки или вещество их переотложено в трещинки, маггемит составляет значительные скопления, заключающие преобразованный ильменит (рис. 1). При этом укрупненные продукты распада твердого раствора ильменита коричневатым оттенком отчетливо выделяются на светло-голубом фоне маггемита.

Наибольшее количество маггемита наблюдается в зернах титаномagnetита, имеющих сильно «изъеденные» (коррозионные) очертания (рис. 2), подвергшихся интенсивному катаклазу с образованием отдельных частей зерен титаномagnetита, измеряемых сотыми долями миллиметра, погруженных в массу хлорита. Такие выделения титаномagnetита почти полностью замещены маггемитом с возникновением ильменит-маггемитовых обособ-

лений (рис. 3). При этом сближенные извилистые выделения маггемита сливаются в более крупные образования.

Маггемит в исследованных образцах представляет обособленную минеральную фазу, форма выделения которой аналогична маггемиту контактово-метасоматического месторождения Северного Урала (Овчинников, 1953). При изучении с иммерсионными объективами полированного шлифа с маггемитом, любезно переданного Н. В. Павловым, явно видно замещение магнетита извилистыми удлиненными образованиями маггемита, сливающимися при меньших увеличениях в сплошной светло-серый фон с голубоватым оттенком, среди которого проступают реликтовые участки зерен магнетита.

Маггемит часто встречается совместно с гематитом, который обычно развивается от трещинок и краев зерен в виде тонких пластиночек, ориентированных по направлению октаэдрической отдельности магнетита, образуя решетчатую структуру замещения, в то время как извилистые прерывистые выделения маггемита, окаймляющие ильменитовые обособления, создают своеобразный рисунок. При этом пластинчатые выделения гематита всегда значительно более крупных размеров по сравнению с маггемитом. Ввиду незначительного количества маггемита в рудах, ничтожного размера его выделений, тесного срастания с ильменитом и совместного нахождения с гематитом выделить маггемит не представляется возможным. При рентгенометрических исследованиях с помощью дифрактометра УРС-50И маггемитовая фаза не была обнаружена из-за небольшого содержания этого минерала.

Эффективным методом, позволяющим определить маггемит в количестве до 1%, является термомагнитный анализ, основанный на зависимости точек Кюри от вещественного состава ферромагнетика. Для исследования из образцов титаномагнетитовой руды были вышплены образцы в виде кубиков, с размером ребра 2,2 см. Применяемая установка состояла из магнитометра с трехмагнитной системой для измерения остаточной намагниченности, немагнитной печи для нагрева образцов, термопары и потенциометра ПП-1 для измерения температуры. Температуру измеряли хромель-копелевой термопарой, один конец которой помещали в сосуд Дьюара с тающим льдом, а другой касался образца в печи. Общая точность измерения температуры составляла не менее $\pm 2^\circ$, скорость нагрева — не более 1° за 15 мин. На кривой термомагнитного анализа (рис. 4, 1) отчетливо заметен перегиб, отвечающий точке фазового перехода маггемита в гематит (275°). При последующем нагреве этот перегиб исчезает (кривая 2). С исчезновением перегиба первоначальная величина остаточной намагниченности насыщения (Irs) уменьшается до 0,7 своей первоначальной величины, что соответствует превращению сильно магнитного маггемита в значительно менее магнитный гематит. Таким образом, наличие перегиба

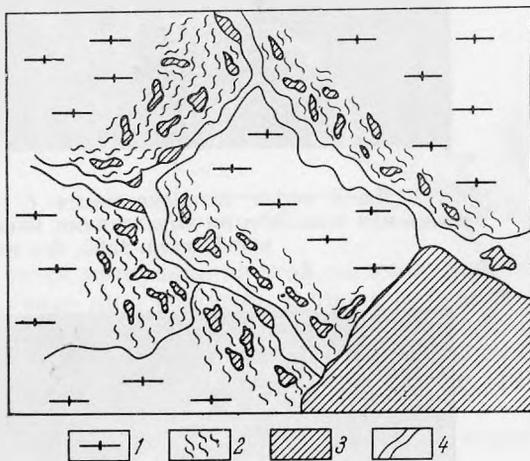


Рис. 1. Схематическая зарисовка участка титаномагнетита. Титаномагнетит (1) с трещинками катаклаза (4), к которым приурочены извилистые выделения маггемита (2), окаймляющие неправильные зернышки ильменита (3), образовавшиеся в процессе укрупнения пластинчатых продуктов распада твердого раствора ильменита в магнетите

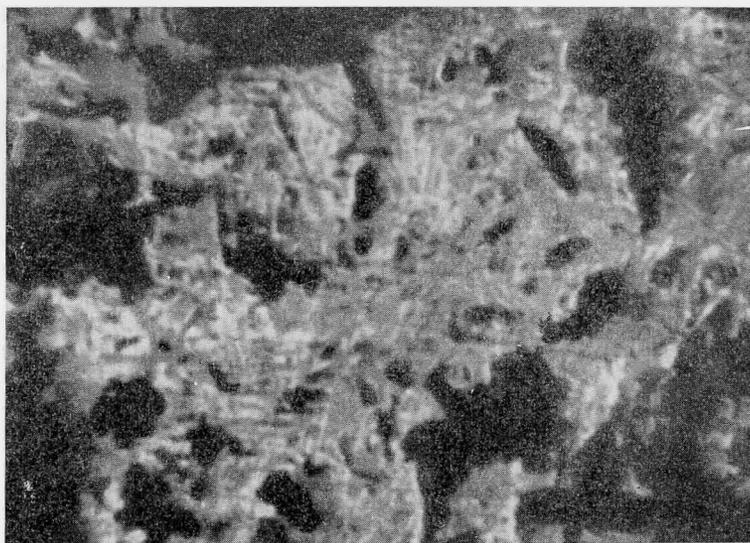


Рис. 2. Часть зерна титаномагнетита с коррозионными очертаниями, замещаемая извилистыми выделениями магнетита (белое). Полированный шлиф, увел. 1500, без анализатора



Рис. 3. Ильменит-магнетитовые обособления в участке зерна титаномагнетита. Магнетит — белые извилистые выделения. Полированный шлиф, увел. 1500, без анализатора

на кривой 1, совпадающего с интервалом перехода $\gamma - \alpha$, отсутствие его на кривой 2, а также уменьшение I_{rs} после нагревов указывают определенно на присутствие магнетита в исследованных образцах.

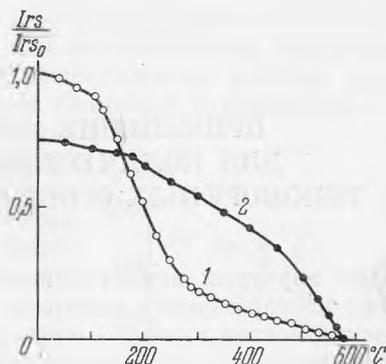
В последнее время физические методы исследования, основанные на изучении магнитных свойств минералов, стали широко применять для диагностики минералов в гетерогенных смесях, изучения фазовых превращений (Барсанов, Колесников, 1965). В результате физические методы исследования в совокупности с тщательным минераграфическим изучением при

больших увеличениях позволяют получить надежные критерии диагностики сложных минеральных образований.

По данным исследования Хэгг (Hagg, 1935), Э. П. Сальдау (1956), Баста (Basta, 1959), следует, что окисление магнетита в маггемит является продолжительным процессом с непрерывным удалением атомов железа из решетки магнетита. Бернал (Bernal, 1959) такое превращение окислов железа относит к явлению топотаксии, при котором переход одной твердой кристаллической фазы в другую осуществляется путем перестановки

Рис. 4. Кривые термомагнитного анализа титаномагнетита Маткальского массива (обр. 29-44):

1, 2 — соответственно первый и второй нагревы; I_{rs} — остаточная намагниченность насыщения, полученная в поле порядка 5—7 тыс. эрст.; $T_k = 580^\circ$ — точка Кюри магнетита; $T_k = 275^\circ$ — точка фазового перехода маггемита в гематит



атомов с удалением некоторой части материала из этой системы; при этом обе фазы имеют определенную связь друг с другом. В процессе окисления магнетита в маггемит наблюдается уменьшение элементарной ячейки с образованием $2\frac{2}{3}$ свободных мест, сопровождаемое удалением из ячейки $2\frac{2}{3}$ катионов железа в результате замещения $3Fe^{2+} \rightarrow 2Fe^{3+}$ (Hägg, 1935; Verwey, 1935; Haul, 1939; Сальдау, 1956).

Образование маггемита в Маткальском массиве в процессе окисления титаномагнетита происходило, вероятно, непосредственно в результате выветривания, так как наибольшее количество маггемита наблюдалось в образцах сильно выветрелого титаномагнетита, взятых из отвалов старых разведочных канав. Кроме того, маггемит не был установлен на глубине по данным материалов буровой скважины.

ЛИТЕРАТУРА

- Барсанов Г. П., Колесников Л. В., Сергеева Н. Е. Зависимость точки Кюри природных ферритов-шпинелидов от их химического состава. — В кн. «Проблемы геохимии». Изд-во «Наука», 1965.
- Овчипников Л. Н. О маггемите. — Труды Горно-геол. ин-та Уральского филиала АН СССР, 1953, № 2, вып. 20.
- Павлов Н. В. О маггемите в магнетитовых рудах Кежемского месторождения. — Труды Минерал. музея АН СССР, 1957, вып. 8.
- Сальдау Э. П. Опыты по окислению магнетита в маггемит. — Труды Ленингр. горн. ин-та, 1956, вып. 5.
- Basta E. Z. Some mineralogical relationships in the system $Fe_2O_3-Fe_3O_4$ and the composition of titanomaghemite. — Econ. Geol., 1959, N 4.
- Bernal J. D., Dasgupta D. R., Maskay A. L. The oxides and hydroxides of iron and their structural interrelationships. — Clay miner. bull., 1959, N 21.
- Hägg G. Die Kristallstruktur des magnetischen Ferrioxids, $\gamma-Fe_2O_3$. — Z. Phys. Chem., 1935, H. 1.
- Haul R., Schön T. Zur Struktur des ferromagnetischen Eisen (III) oxyds gamma Fe_2O_3 . — Z. Phys. Chem., 1939, H. 1.
- Newhouse W. H., Glass J. P. Some physcalle properties of certain iron oxides. — Econ. Geol., 1936, N 7.
- Sosman R. B., Posnjak E. J. Ferromagnetic ferricoxide artificial and natural. — J. Wash. Acad. Sci., 1925, N 15.
- Verwey E. J. The crystal structure of gamma Fe_2O_3 and gamma Al_2O_3 . — Z. Krist., 1935, H. 1—6.