

УДК 537.533.35

МИНЕРАЛОГИЯ

В. С. ГАЙДУКОВА, Л. В. ЧЕРНЫШЕВА

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРУКТУРАХ РАСПАДА В МАГНЕТИТАХ КОВДОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

(Представлено академиком Н. В. Беловым 10 XII 1969)

Ковдорское железорудное месторождение расположено в западной части Кольского полуострова в пределах Ковдорского массива ультраосновных — щелочных пород и карбонатитов. Массив имеет в плане эллипсовидную форму (размеры $10 \times 4,5$ км) и представляет собой многофазный интрузив центрального типа, сложенный оливинитами, ийолит-мельтейгитами, меллилитовыми породами, нефелиновыми сиенитами и сложным комплексом силикатных метасоматических пород и карбонатитовых образований. Железорудные породы залегают главным образом в ийолитах и представлены разнообразными магнетитсодержащих форстерит-апатитовых пород и карбонатитов, вытянутых в субмеридиональном направлении согласно с общим простиранием массива.

Магнетит является одним из главных породообразующих минералов в большинстве метасоматических пород Ковдорского месторождения. Магнетиты из различных типов руд детально изучались О. М. Римской-Корсаковой, Э. В. Быковой, Т. Н. Поганкиной, Ю. М. Кирнарским и др.

Изучение магнетитов из пород различных стадий карбонатитового процесса при помощи обычного микроскопа в отраженном свете выявило в них микровключения — продукты распада твердого раствора: ильменита и шпинели (плеонаста). Ильменит образует типичные и закономерные ориентированные (по направлениям [111] в магнетите) эмульсионные, пластинчатые и решетчатые структуры распада, реже аллотриоморфные. Состав ильменита (по данным рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе JXA-3A, аналитик В. П. Быков) следующий: TiO_2 50,0%; $\text{FeO}_{\text{общ}}$ 41,7%; MgO 2,5%. Выделения шпинели в магнетите — изометричные, точечные и прерывисто-игольчатые — часто образуют структуры, по рисунку напоминающие «азбуку Морзе». Детальное описание типов выделений шпинели в магнетитах Ковдорского месторождения приведено в работе О. М. Римской-Корсаковой (⁴). Состав шпинели (по данным рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе JXA-3A) следующий: MgO 20%; Al_2O_3 65%; $\text{FeO}_{\text{общ}}$ 15%, — что отвечает плеонасту.

Просмотр участков магнетита между включениями ильменита и шпинели на большой модели рейхертовского микроскопа (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР) при увел. $> 1000 \times$ обнаруживает неоднородность этих участков. На фоне общей массы магнетита (1-я фаза) заметны очень тонкие пластинчатые и неправильной формы выделения изотропного минерала с отражательной способностью более высокой, чем у основной массы магнетита (2-я фаза). Детально изучить эти выделения в шлифах, так же как и определить их состав на микроанализаторе, невозможно из-за того, что размеры их превышают долей микрона. Рентгеноструктурный анализ не обнаружил в образце магнетита двух фаз, видимо также из-за их тонкой дисперсности.

В настоящей работе рассматриваются структуры распада твердого раствора, выявленные электронной микроскопией методом одноступенча-

рых угольных реплик с естественных сколов. В целях усиления контрастности изображения использовалось косое оттенение поверхности объекта углем (угол оттенения $20-50^\circ$ в зависимости от сложности рельефа). Для массового просмотра реплик использовался настольный чешский микроскоп III класса Tesla BS-242; для просмотра отдельных деталей объектов применялся отечественный электронный микроскоп I класса УЭМВ-100.

Для получения более четких структур некоторые поверхности сколов подвергались травлению концентрированной HCl (время травления 3—5 сек.).

В результате электронномикроскопического изучения магнетитов из гумит-магнетит - апатитовых пород, помимо обычных структур распада ильменита и шпинели, в «гомогенных» участках магнетита (без видимых при обычных микроскопических исследованиях микровключений) обнаружены своеобразные бугорчатые, штриховидно-пластинчатые и сетчатые структуры распада двух фаз, по рисунку напоминающие срастания магнетита и ульвешпинели (2,3,6), но не аналогичные им.

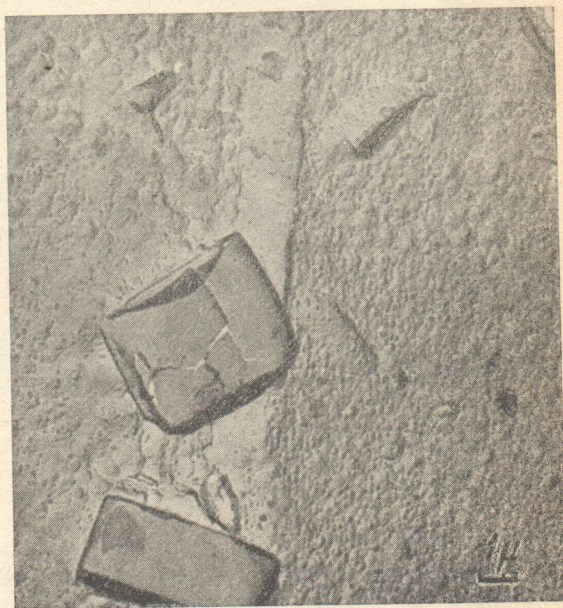


Рис. 1. Бугорчатое строение «гомогенных» участков магнетита. Крупные квадратные выделения — плеонаст. Угольная реплика со скола магнетита, протравленного в HCl. $3500 \times$ (УЭМВ-100)

Не останавливаясь пока на составе указанных фаз, мы рассматриваем морфологические типы структур распада твердого раствора, выявленные электронной микроскопией. Пластинки распада ильменита, видимые в обычном световом микроскопе, на репликах выглядят как «крупные балки» (длиной до нескольких микрон и более и шириной от 0,5 до 1μ). Шпинель на репликах, как правило, представлена октаэдрами или зернами с квадратными и шестиугольными поперечными сечениями; иногда наблюдаются вытянутые формы выделений шпинели. Как видно на электронномикроскопических снимках, участки, расположенные между выделениями распада ильменита и шпинели, почти всегда характеризуются неоднородным строением и часто характеризуются своеобразными бугорчатыми, штриховидно-пластинчатыми и сетчатыми структурами распада двух фаз, о которых упоминалось выше. Особенно четко эти структуры проявляются после травления поверхности образца HCl. Размер пластинчатых выделений обычно меньше 1μ и лишь изредка отмечаются пластинки длиной в несколько микрон, но ширина их не превышает 0,1—0,2 μ .

На рис. 1—4 представлены все типы этих структур распада с протравленных сколов образцов магнетита. При просмотре всей серии снимков можно наблюдать постепенные переходы от начальных бугорчатых (зародышевых) структур распада до типичных сетчатых. На рис. 1 наблюдаются очень мелкие (сотые доли микрона) бугорки-зародыши кристаллов (крупные квадратные зерна принадлежат шпинели). Далее (рис. 2) появляются параллельные, расположенные в одном направлении штрихообразные пластиночки. На других снимках видны штрихообразные пластиночки, расположенные перпендикулярно к основному их направлению,

в результате чего образуются крестообразные формы выделений. Дальнейшее развитие этой структуры приводит к появлению своеобразных сетчатых

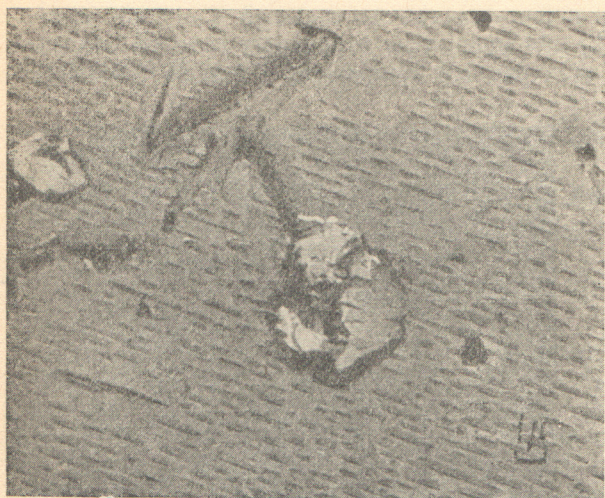


Рис. 2. Штрихообразное, прерывисто-пластинчатое строение «гомогенных» участков магнетита. Угольная реплика со скола магнетита, протравленного в HCl . $3000 \times$ (Tesla BS-242)

сто обогащенных магнием. Валовая проба магнетита (с микровключениями распада ильменита и шпинели) из гумит-апатит-магнетитовой породы содержит (по данным химического анализа): MgO 4,11%, TiO_2 1,26% и Al_2O_3 0,52%. «Гомогенные» участки магнетита между микровключениями распада ильменита и шпинели (по данным рентгеноспектрального анализа на микроанализаторе при разрешающей способности $1,5-2\mu$) характеризуются также заметными, но несколько более низкими содержаниями MgO (3,8%) и TiO_2 (1,16%).

Термоманитные исследования данного магнетита, проведенные Г. М. Зайцевой, показали в нем наличие двух магнитных фаз с точками Кюри: $\theta = 525^\circ$ и $\theta = 435^\circ$. Первая фаза ($\theta = 525^\circ$) близка к чистому магнетиту ($\theta = 575^\circ$), несколько по-

ниженные значения точки Кюри которого, возможно, обусловлены изоморфными примесями Ti и Mg . Вторая фаза ($\theta = 435^\circ$) относится к более магнезиальной разновидности магнетита (известно, что у магномангнетита с раз-

ных сростаний, напоминающих рисунок волокна (рис. 3). Иногда все отмеченные переходы структур распада наблюдаются на небольших участках (рис. 4), где видны постепенные переходы от почти гомогенных участков к сетчатым структурам.

Итак, электронномикроскопическое изучение «гомогенных» участков магнетита выявило в них наличие двух фаз. Широкое развитие эти фазы получают в магнетитах из гумит-апатит-магнетитовых пород, хотя наблюдаются и в магнетитах других стадий карбонатитового процесса, ча-

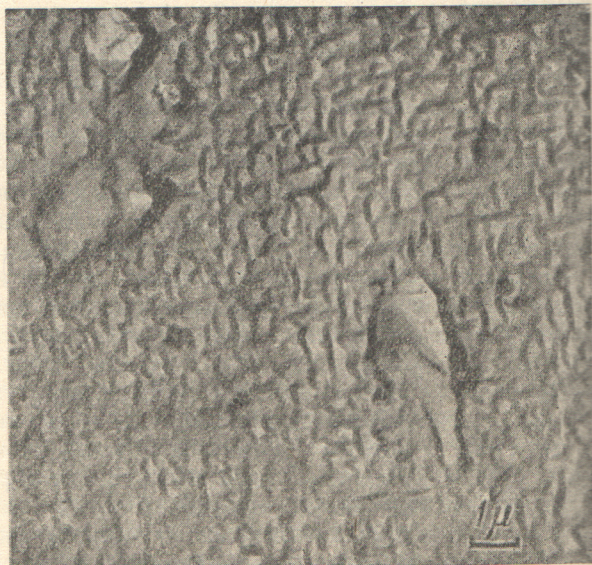


Рис. 3. Ячеисто-сетчатое строение «гомогенных» участков магнетита. Угольная реплика со скола магнетита, протравленного в HCl $4000 \times$ (УЭМБ-100)

личными содержаниями $MgO \theta = 446-540^\circ$, а у чистого магнезиоферрита $\theta = 320-350^\circ$). Конечно, точка Кюри магнетита может понижаться не только за счет изоморфной примеси магния, но и за счет титана, однако содержания титана в «гомогенных» участках данного магнетита недостаточно высоки, чтобы привести к образованию сетчатых структур ульвёшпинели.

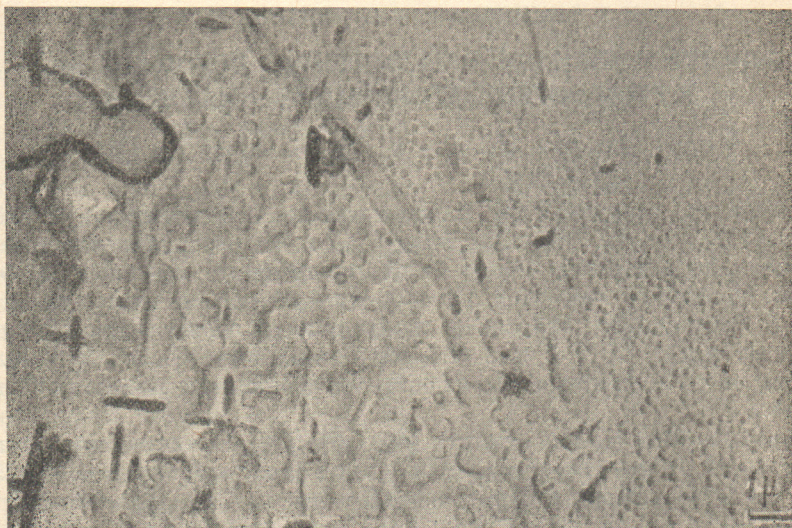


Рис. 4. Переходы от зародышевых бугорчатых структур до сетчатых в «гомогенных» участках магнетита. Угольная реплика со скола магнетита, протравленного в HCl. 4000 $\times$ (УЭМВ-100)

нели, а точка Кюри второй фазы резко отличается от таковой для ульвёшпинели ($\theta = 50-100^\circ$).

Таким образом, методами электронной микроскопии, микрозондирования и термомангнитного анализа доказано, что наблюдаемые на электронномикроскопических снимках своеобразные структуры распада образованы двумя фазами, представленными двумя магнетитами, один из которых — обычный, а второй — магнезиальный.

Всесоюзный научно-исследовательский
институт минерального сырья
Москва

Поступило
20 X 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. С. Грицаенко, Б. Б. Звягини и др., Методы электронной микроскопии минералов, «Наука», 1969.
- ² В. С. Мясников, Р. В. Боярская, Геол. рудн. месторожд., № 5 (1965).
- ³ П. Рамдор, Рудные минералы и их сростания, ИЛ, 1962.
- ⁴ О. М. Римская-Корсакова, Зап. Всесоюз. мин. общ., 79, № 3 (1950).
- ⁵ А. И. Цветков, В. С. Мясников и др., Изв. АН СССР, сер. геол., № 2 (1965).
- ⁶ E. H. Nickel, Canad. Mineralogist, 6, Part 2 (1958).