

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ. ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

Д. С. Потапов, С. С. Потапов

Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, spot@ilmeny.ac.ru

Шлак – побочный продукт или отход от производства металла, после очистки от остатков ценных компонентов отправляемый в отвал. Он представляет собой расплав оксидов с некоторым количеством сульфидов, а в ряде случаев фторидов и является побочным продуктом плавки.

В ряде образцов шлаков ферросплавного производства на основании спектроскопических исследований нами (см. работу Т. Н. Мороз, Д. С. Потапов, С. С. Потапов в настоящем сборнике) установлено присутствие иттербия. Это может иметь практически важное значение. Поэтому в данной статье дадим подробное геохимическое и минералогическое описание образцов шлаков, в которых установлен иттербий.

В этой статье рассмотрены металлургические шлаки двух заводов Южного Урала Челябинского электрометаллургического комбината (ЧЭМК) и Саткинского металлургического завода (СМЗ). Оба эти завода специализируются на производстве ферросплавов и являются крупнейшими производителями в России. Рассмотрим шлаки ЧЭМК от выплавки силикомарганца (ЧЭМК-3) и шлаки СМЗ от выплавки ферромарганца (САТ-04-04, САТ-09-04, САТ-22-04).

Главными оксидами изученных шлаков ЧЭМК от производства силикомарганца являются SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , MgO (табл.). Макроскопически шлаки зеленого цвета, стекло частично раскристаллизовано, в нем наблюдаются сферолитовые выделения, которые образуют скопления зерен фиштакково-зеленого цвета, размерами менее 1 мм. По данным рентгенофазового анализа сферолиты были диагностированы как *бустамит* $(\text{Mn,Ca})_3\text{Si}_3\text{O}_9$.

Таблица

Данные микрозондового* и химического** анализов шлаков
Саткинского металлургического завода (САТ)
и Челябинского электрометаллургического комбината (ЧЭМК)

Шлаки	SiO_2	Al_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O
САТ-04-04**	38.82	9.93	0.3	9.85	38.9	0.65
САТ-09-04**	30.76	19.86	2.00	5.27	39.24	–
САТ-22-04**	52.5	9.52	3.88	13.16	17.98	–
ЧЭМК-3*	45.18	14.29	13.51	1.44	17.44	0.90
Шлаки	K_2O	SnO_2	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	Σ
САТ-04-04**	0.52	1.14	–	–	–	100.45
САТ-09-04**	–	–	–	–	–	97.13
САТ-22-04**	2.96	–	0.35	–	–	100.35
ЧЭМК-3*	2.89	–	0.29	0.05	0.49	97.52

Примечания. Анализы выполнены в лаборатории физики минералов и экспериментальной минералогии ИМин УрО РАН (аналитик Е. И. Чуринов)* и в лаборатории минералогии техногенеза и геоэкологии ИМин УрО РАН (аналитик Ю. Ф. Мельнова)**. $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.09$; $\text{SO}_3 = 0.93$; $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0.02$; $\text{H}_2\text{O} < 0.10$; ппп = 1.16. Дополнительные сведения: в сумму входят содержание оксида хрома, общая сера, нерастворимый осадок (Н/О). П.п.п. со знаком «+» в сумму не входит.

При изучении в шлифах в основной массе стекла так же наблюдаются многочисленные сферолитовые выделения размерами от 0.01 мм до 0.05 мм с радиально лучистым строением, которые сложены игольчатыми выделениями бустамита, окрашенного в бурые тона (рис. 1). Так же встречаются округлые обособления размером 1–5 мм, которые характеризуются концентрически зональным строением (рис. 2): 1) центральная часть – представлена розетковидными, метельчатыми срастаниями бустамита, с размером отдельных зерен от 0.01 мм до 0.1 мм, расположенных относительно друг друга беспорядочно и образующих своеобразную войлочную структуру. В центральной части зерна бесцветны, иногда бледно окрашены в зеленоватые тона; 2) краевая часть – сложена волокнистыми срастаниями того же бустамита, окрашенного в бурые цвета.

Главными оксидами шлаков СМЗ от производства ферромарганца являются SiO_2 , CaO , MgO , MnO , Al_2O_3 (табл.).

Макроскопически почти все шлаки окрашены в различные оттенки зеленовато-серого цвета; встречаются шлаки и черного цвета. Эти шлаки в разной степени пористые. По внешнему виду они делятся на массивные, шлаки сложенные крупными скелетными кристаллами, а так же мелкими скелетными срастаниями.

Все изученные шлаки производства ферромарганца характеризуются наличием стекловатой матрицы в среднем составляющей около 30 %, остальные 70 % представлены: мелелитом – 35 %, оливинном – 12 %, ромбическим пироксеном – 10 %, моноклинным пироксеном – 10 %, монтichelлитом – 3 %.

Главным минералом этих шлаков являются *мелелит*. По данным микрозондового анализа основная масса шлаков это твердый раствор, состоящий из молекул *геленита* и *акерманита*, реже встречаются зерна чистого *акерманита*.

В шлифах твердый раствор геленита с акерманитом выглядит в форме крупных скелетных кристаллов (рис. 3), а так же в форме ксеноморфных сформированных кристаллов с отчетливо проявленной спайностью (рис. 4). Чистый акерманит же представлен игольчатыми выделениями по толщине достигающие размеров до 0.5 мм, а в длину до 10 мм (рис. 5), для него так же характерна спайность. *Оливин* данными микрозондового анализа не был диагностирован, но на основании данных силикатного анализа можно сделать предположение, что он представлен форстеритом, либо изоморфной смесью форстерита и фаялита с преобладанием магниевого минала, с преобладанием MgO над Fe_2O_3 и FeO . В шлифах оливин представлен типичными для металлургических шлаков игольчатыми разностями, а так же зернами изометричной формы с хорошей огранкой (рис. 6).

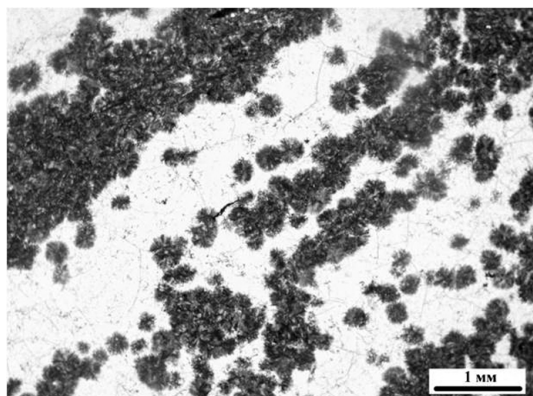


Рис. 1. Фото шлифа шлака ЧЭМК-3. Скопления сферолитовых образований бустамита. Николи параллельны.

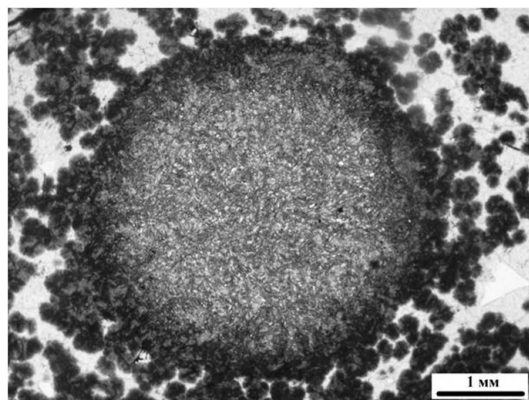
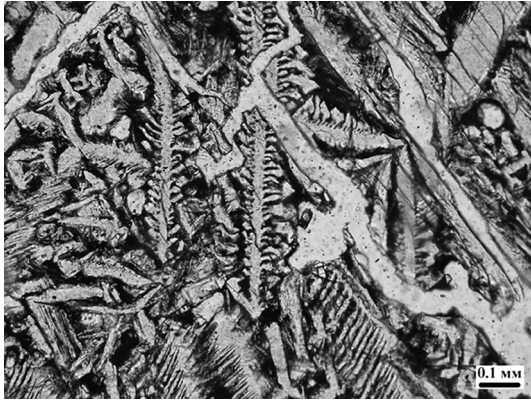


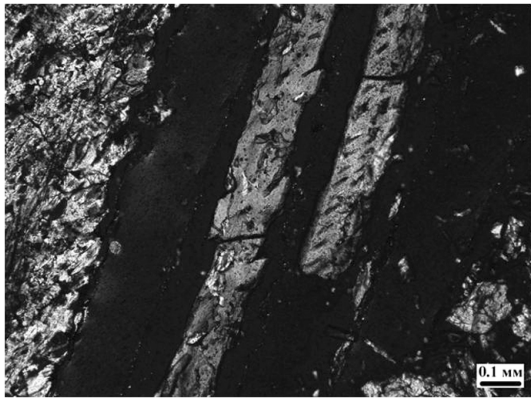
Рис. 2. Фото шлифа шлака ЧЭМК-3. Крупное зерно бустамита округлой формы. Николи параллельны.



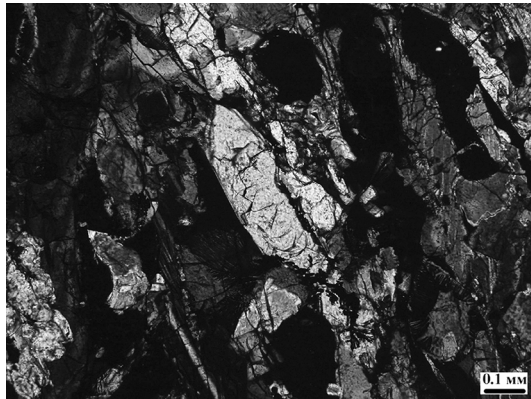
3. Фото шлифа шлака САТ-04-04. Скелетные кристаллы твердого раствора геленита с акерманитом. Николи параллельны.



4. Фото шлифа САТ-04-04. Зерно твердого раствора геленита с акерманитом со спайностью. Николи скрещены.



5. Фото шлифа САТ-04-04. Крупные игольчатые зерна акерманита. Николи скрещены.



6. Фото шлифа САТ-09-04. Идиоморфное зерно форстерита. Николи скрещены.

Реже в шлаках встречаются пироксены, как ромбические, так и моноклинные, а также монтичеллит и рудные минералы.

Стекло шлаков имеет темно-бурый, коричневый цвет, порой до почти черного. В нем редко наблюдаются выделения кристаллитов. В стекловатой матрице по данным микронзондового анализа, наряду с главными оксидами встречается незначительное количество оксидов марганца, титана, цинка, железа, бария и олова.