



Колобов Г.А. /к.т.н./

ЗГИА

Грищенко С.Г. /д.т.н./

ЦУП «ТРАНСГЕОРУДМЕТ»

Криворучко В.В., Парфенюк И.Г.,

Поплавский Ю.В.

Институт титана

Электрическая проводимость ильменитовых концентратов различного химического состава

Приведены экспериментальные данные по зависимости электрической проводимости ильменитовых концентратов от их химического состава и температуры. Определена степень влияния основных составляющих - TiO_2 , FeO и Fe_2O_3 на проводимость ильменитовых концентратов различных месторождений.

Ключевые слова: электрическая проводимость, ильменитовые концентраты, степень изменения, химический состав, гранулометрический состав

Experimental data on the dependence of the electrical conductivity of ilmenite concentrates on their chemical composition and temperature. The degree of influence of the main components - TiO_2 , FeO and Fe_2O_3 on the conductivity of ilmenite concentrates various fields.

Keywords: electrical conductivity, ilmenite concentrates, the degree of change in the chemical composition, particle size distribution.

Введение

По разведанным запасам титановых руд Украина занимает одно из ведущих мест в мире. Ее минерально-сырьевой потенциал оценивается в 900 млн. т ильменита и рутила, что соответствует 30 % выявленных мировых запасов. Сырьевая база титана Украины насчитывает более 40 месторождений, среди которых одно уникальное, 13 крупных и 10 средних; 11 месторождений детально разведаны и переданы промышленности. Украина является одной из немногих стран мира, где имеется полный цикл титанового производства, включая собственную сырьевую базу, химический и металлургический переделы. По производству титановых концентратов в странах СНГ Украина занимает монопольное положение (7-8 % мирового производства) [1].

До 90-х гг. прошлого столетия в Украине эксплуатировались лишь два россыпных месторождения: Мальшевское – Вольногорским ГМК и Иршанская группа россыпей – Иршанским ГОКом. В настоящее время на Иршанской группе месторождений работают также ООО «Междуреченский ГОК», ЗАО «Ирша-ильменит» и ООО «Валки-ильменит», имеющие мощности по добыче руды и по выпуску титаносодержащих концентратов.

В последние годы создан ряд новых предприятий по добыче титаносодержащего сырья. Уже успешно работает ООО «Велта» (Бирзуловское месторождение в Днепропетровской области). Готовятся к промышленной добыче руд и выпуску концентратов ООО «ТиоФаб ЛТД» (Носачевское месторождение в Черкасской области), ООО «РИКО» (Тарасовское месторождение в Киевской области), ООО «Демуринский ГОК» (Волчанское месторож-

дение в Днепропетровской области); ООО «Сириус» (Кропивенское месторождение в Волынской области) и др.

Интерес к титановой проблематике является свидетельством перспективности данной отрасли, что предполагает соответствующее изучение характеристик различных видов титаносодержащего сырья.

Состояние вопроса

Одним из важнейших свойств титаносодержащего сырья, в частности ильменитовых концентратов, в значительной степени определяющим ход восстановительной руднотермической плавки, является электрическая проводимость, которая изменяется в течение плавки в зависимости от агрегатного состояния концентрата и температуры.

Химический состав ильменитовых концентратов практически на 95 % представлен тремя основными компонентами - FeO , Fe_2O_3 и TiO_2 [2]. Концентраты отличаются друг от друга лишь набором примесей и соотношением основных компонентов, которое может значительно изменяться в зависимости от степени изменения ильменита под действием сил выветривания. Степень изменения используют как достаточно полную характеристику отклонения действительного химического состава ильменита от исходного стехиометрического. Расчёт степени изменения производится по формуле [3]

$$C_{изм} = 100 - \frac{1,114\alpha}{\beta} 100,$$

где $C_{изм}$ - степень изменения, %; α - содержание FeO в концентрате, %; β - содержание TiO_2 в концентрате, %.

Постановка задачи и методика

Целью данного исследования является установ-

ление зависимости удельной электрической проводимости ильменитовых концентратов от температуры и определение характера и степени влияния отдельных их составляющих на данное свойство.

В качестве исследуемых материалов использовали четыре вида ильменитовых концентратов различных месторождений и чистые TiO_2 , FeO , Fe_2O_3 , химические составы которых представлены в таблице.

Измерение электропроводимости проводили на установке и по методике, приведенной в работе [4]. Из измельченных FeO , Fe_2O_3 , TiO_2 и концентратов изготавливали брикеты, которые использовали для измерения проводимости. Поскольку проводимость концентратов изменяется в значительных пределах, на графиках она представлена в логарифмическом виде.

Таблица. Химические составы и степень изменения ильменитовых концентратов

Концентрат	Содержание, %			Степень изменения
	TiO_2	FeO	Fe_2O_3	
Мальшевского месторождения (Украина)*	63,1	0	26,5	100,0
Волчанского месторождения (Украина)	64,85	0,63	26,78	98,9
Иршанского месторождения (Украина)	58,38	7,31	26,03	86,1
Куранахского месторождения (Россия)	50,2	35	10,4	22,3
Fe_2O_3 , **	-	-	98,7	-
FeO , ***	-	98,0	-	-
TiO_2 , ****	98	-	-	-

* по ТУ 14-10-005; ** по ГОСТ 4173-66; *** по ТУ 6-09-1404-76; **** по ГОСТ 9808-84; остальные анализы проведены лабораторией Института титана.

Результаты исследований

Для выяснения характера влияния отдельных составляющих ильменитового концентрата на его проводимость провели исследование на чистых FeO , Fe_2O_3 и TiO_2 (рис. 1).

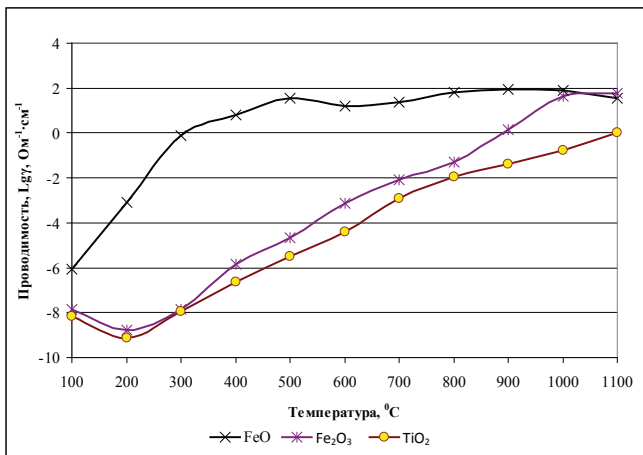


Рис. 1. Зависимость электрической проводимости основных компонентов ильменитовых концентратов от температуры

Как видно на рис. 1, для FeO характерно резкое увеличение проводимости в интервале 100-300 °C (с $8,86 \cdot 10^{-7}$ до $0,74 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$). При дальнейшем нагреве скорость роста проводимости FeO замедляется. Повышение температуры выше 500 °C сопровождается незначительными колебаниями значения проводимости в пределах $16-84 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

При температуре 100 °C проводимости Fe_2O_3 и TiO_2 составляют $1,4 \cdot 10^{-8}$ и $6,8 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, соответственно. Повышение температуры до 200 °C в обоих случаях приводит к снижению проводимости до $1,6 \cdot 10^{-9}$ и $7,2 \cdot 10^{-10} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, соответственно. Дальнейшее повышение температуры вплоть до 1100 °C сопровождается монотонным ростом проводимости как для Fe_2O_3 , так и для TiO_2 . При всех температурах проводимость Fe_2O_3 выше, чем TiO_2 , но значительно ниже, чем FeO . При температуре 800 °C наблюдается изгиб кривой для Fe_2O_3 , отвечающий резкому росту проводимости. Это свидетельствует о развитии процесса перехода Fe_2O_3 в FeO в восстановительной газовой среде. Температурная точка равенства проводимостей Fe_2O_3 и FeO составляет ~ 1070 °C.

На втором этапе исследования определяли удельную электрическую проводимость четырех видов ильменитовых концентратов. На рис. 2 представлены результаты этих измерений, совмещенные для наглядности с данными рис. 1 для FeO , Fe_2O_3 и TiO_2 .

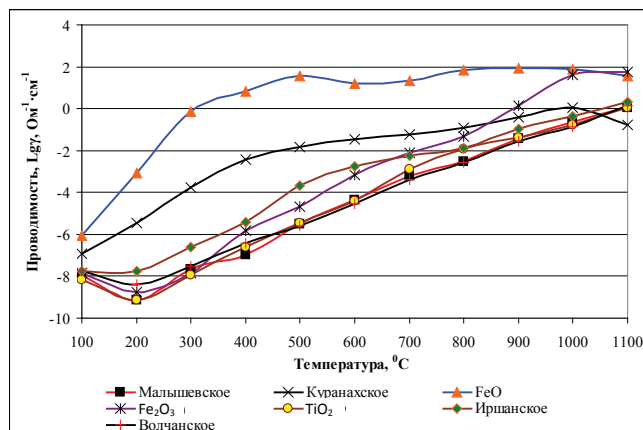


Рис. 2. Зависимость электрической проводимости концентратов различных месторождений и их основных компонентов от температуры

Как видно на рис. 2, кривая электропроводимости для сильноизмененных концентратов Мальшевского и Волчанского месторождений практически совпадает с кривой для чистого TiO_2 . В интервале температур 100-350 °C значения проводимости данных концентратов незначительно отличаются от проводимости чистого Fe_2O_3 . При нагреве до температур выше 400 °C проводимость Fe_2O_3 становится больше проводимости сильноизмененных концентратов, а при 1000 °C превышает их проводимость в 182 раза. Во всем интервале исследуемых температур концентраты Мальшевского и Волчанского месторождений характеризовались более низкой проводимостью, чем FeO .

Проводимость концентрата средней степени

изменения (Иршанское месторождение) при 100 °С практически не отличается от проводимости TiO_2 . В диапазоне температур 100–700 °С проводимость концентрата выше проводимости TiO_2 в 36 раз, а в диапазоне 700–1100 °С - в 1,8 раза. До температуры 660 °С Иршанский концентрат имеет более высокие значения проводимости, чем Fe_2O_3 . Дальнейший нагрев приводит к значительному повышению проводимости Fe_2O_3 , в результате при 1000 °С проводимость последнего выше проводимости концентрата в 100 раз. При всех рассмотренных температурах концентрат Иршанского месторождения имел более низкую проводимость, чем FeO .

Слабоизмененный концентрат (Куранахское месторождение) при нагреве до 1100 °С сохраняет более высокие значения проводимости, чем остальные концентраты и TiO_2 . До температуры 850 °С Куранахский концентрат имеет более высокие значения проводимости, чем Fe_2O_3 . При более высоких температурах проводимость Fe_2O_3 превышает проводимость концентрата в 70 раз. Кривая проводимости для Куранахского концентрата в наибольшей степени приближена к кривой для FeO . При этом значения проводимости концентрата ниже проводимости FeO в среднем в 1100 раз.

Интересно сравнение кривых проводимости для Fe_2O_3 и концентратов различной степени изменения (таблица). Проводимость Fe_2O_3 становится больше проводимостей сильноизмененного Малышевского и среднеизмененного Иршанского концентратов при температурах 325 и 660 °С, соответственно, а слабоизмененного Куранахского концентрата только при 850 °С. Это обстоятельство свидетельствует о том, что с повышением концентрации TiO_2 в концентрате активность Fe_2O_3 уменьшается, что влечет за собой снижение давления диссоциации Fe_2O_3 и смещение процессов разложения последнего в область более высоких температур.

Как видно из кривых на рис. 2, значения проводимости ильменитовых концентратов различных месторождений незначительно отличаются друг от друга как при 100 °С (в среднем $1 \cdot 10^{-8}$ Ом⁻¹·см⁻¹), так и при 1100 °С (в среднем $1,5$ Ом⁻¹·см⁻¹). Однако при промежуточных значениях температуры разница может составить 30000 и более раз. При этом определяющее влияние на величину проводимости концентрата и характер её зависимости от температуры оказывает содержание FeO . С уменьшением степени изменения (повышением

содержания FeO) проводимость ильменитовых концентратов увеличивается, а форма зависимости от температуры смещается от характерной для TiO_2 и Fe_2O_3 к характерной для FeO .

Выводы

1. При 100 °С проводимости ильменитовых концентратов, Fe_2O_3 и TiO_2 незначительно отличаются и составляют, в среднем, $1 \cdot 10^{-8}$ Ом⁻¹·см⁻¹.
2. Нагрев сильно- и среднеизмененных концентратов и чистых Fe_2O_3 и TiO_2 от 100 до 200 °С приводит к снижению проводимости в среднем в 10 раз. При повышении температуры от 200 до 1100 °С проводимость концентратов и чистых компонентов увеличивается.
3. Проводимость ильменитовых концентратов с высокой степенью изменения при нагреве до 1100 °С практически не отличается от проводимости чистого TiO_2 .
4. Определяющее влияние на величину проводимости ильменитовых концентратов и характер её зависимости от температуры оказывает содержание FeO : при повышении содержания FeO проводимость концентратов увеличивается.

Библиографический список

1. Галецкий Л.С., Грищенко С.Г., Ремезова Е.А. Комплексное использование титанорудного потенциала Украины // Титан. - 2009. - № 1(23). - С. 4-7.
2. Поплавский Ю.В., Колобов Г.А., Гурьянова Т.П. и др. Титансодержащее сырьё новых месторождений Украины и перспективы его переработки / Металургія: наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя: ЗДІА, 2008. – Вип. 18. - С. 44-49.
3. Методические рекомендации по оценке измененности ильменита при изучении титановых руд и продуктов их переработки / Сост. И.Ф. Кошкаров, Ю.А. Полканов – Симферополь: Институт минерального сырья, 1976. – С. 11-46.
4. Колобов Г.А., Парфенюк И.Г., Поплавский Ю.В., Криворучко В.В. Электрическая проводимость неизмененных и измененных ильменитовых концентратов / Ti-2011 в СНГ: сб. трудов междунар. конф., 25-28 04.2011г., Львов. – К.: ИМФ им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, 2011. – С. 131-133.

Поступила 11.03.2013

