

электроконцентрировании палладия позволяет снизить ошибку определения с 30 % до 10 %.

Литература

1. Колпакова Н.А., Горчаков Э.В., Романенко С.В., Гольц Л.Г. Определение платиновых металлов в золоторудном сырье методом инверсионной вольтамперометрии // Научный журнал «Успехи современного естествознания» - 2007. – №10. – С.87 – 88.
2. Мансуров Г.Н., Петрий О.А. Электрохимия тонких металлических пленок // Вестник МГУ. – 2011. – №4. – С. 131 – 137.
3. Палладий [Электронный ресурс]: Химический каталог // Химическая энциклопедия. Том 3. – URL: <http://www.ximicat.com/> (дата обращения: 25.01.2017).
4. Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года. Утверждена распоряжением правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. N 1039-р.

ВОВЛЕЧЕНИЕ В БЕЗОТХОДНУЮ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКУЮ ПЕРЕРАБОТКУ ВЫСОКОТИТАНИСТЫХ ТИТАНОМАГНЕТИТОВ

К.И. Смирнов

Научный руководитель профессор В.Е. Роцин

Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия

Введение. Высокотитанистые титаномагнетиты являются перспективным сырьем для получения железа, ванадия и диоксида титана. Только на территории РФ на их долю приходится 13% запасов Fe, 48% Ti и 92% V. Частным случаем высокотитанистых титаномагнетитов является ильменит. Переработка ильменитовых руд и концентратов осуществляется гидрометаллургическим и пирометаллургическим методами. Гидрометаллургический метод производится с целью получения концентрата диоксида титана. При этом образуются побочные малоиспользуемые продукты – соли железа и ванадия [1, 6]. Пирометаллургический метод используется для получения железа из ильменитовых концентратов. Следует отметить, что пирометаллургические схемы и агрегаты переработки ильменитов исторически целенаправленно на переработку богатых железом (мономентальных) руд. Использование ильменитовых концентратов в классической схеме (в доменной печи) возможно, но ограничивается максимальным, не препятствующим ходу плавки содержанием оксидов титана 8% [2]. Переработка ильменитов в агрегатах внедоменной металлургии, например, Iron making technology mark three, требует разбавления шлака до состава, соответствующего доменным [3]. Образование большого количества шлака при пирометаллургических методах вызывает огромные энергетические затраты, связанные с его плавлением, а также сопровождается безвозвратной потерей титана и ванадия.

Таким образом, включение комплексного сырья в традиционные технологические схемы не отвечает требованиям комплексного использования полезных ископаемых. Невозможность его использования обусловлена устаревшими представлениями о механизме восстановления железа, которые разрабатывались применительно к его извлечению из богатых руд. Безотходная переработка комплексных руд может быть реализована по технологиям, основанным на новых представлениях о механизме восстановления металлов.

Целью данной работы является исследование возможности переработки титаномагнетитовых руд и получаемых из этих руд концентратов с получением первородного железа и оксидного концентрата титана и ванадия без добавления флюсуемых и шлакообразующих материалов.

Методика проведения экспериментов. В качестве материала для проведения экспериментов использовали ильменитовый концентрат состава (масс. %):

| Компонент | TiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | FeO | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | P ₂ O ₅ | V ₂ O ₅ |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Содержание | 45,0...47,0 | 14,0...18,0 | 33,0 ...36,0 | 0,600 | <01,00 | <0,030 | <0,300 |
| Среднее | 46,20 | 16,45 | 34,20 | 0,420 | 0,890 | 0,015 | 0,240 |

Эксперименты проводили в 2 этапа. Первый этап – твердофазное восстановление железа в кристаллической решетке комплексного оксида. В рабочее пространство печи сопротивления устанавливали графитовый тигель с шихтой. В тигель помещали ильменитовый концентрат в виде частиц размером <0,4 мм и восстановитель с избытком, в качестве которого использовали шубаркульский энергетический уголь, сверху насыпали уголь для предотвращения поступления в реакционную зону атмосферного кислорода. Печь нагревали до температуры 1300°C и выдерживали в течение 120 минут. После выдержки печь отключали, образцы охлаждали вместе с печью до комнатной температуры. Полученный материал подвергали магнитной сепарации для удаления остаточного угля и золы.

На втором этапе производили разделение продуктов восстановления плавлением. В рабочее пространство печи сопротивления устанавливали корундовый тигель с шихтой. В качестве шихты использовали ильменитовый концентрат после восстановительного обжига и магнитной сепарации. Печь нагревали до температуры 1550°C и в течении часа температуру повышали до 1650 °C. В процессе нагрева от 1550 °C до 1650°C отбирали пробы шлака намораживанием на предварительно подогретый стальной прут. Далее печь выключали, металл охлаждали вместе с печью до комнатной температуры. После этого тигель извлекали из печи и доставали металл.

Полученные образцы продукта восстановления, металла и шлака заливали эпоксидной смолой, шлифовали и исследовали на оптическом и электронном микроскопах. Химический состав фаз определяли микрорентгеноспектральным методом на микроскопе JSM-6460LV фирмы JEOL.

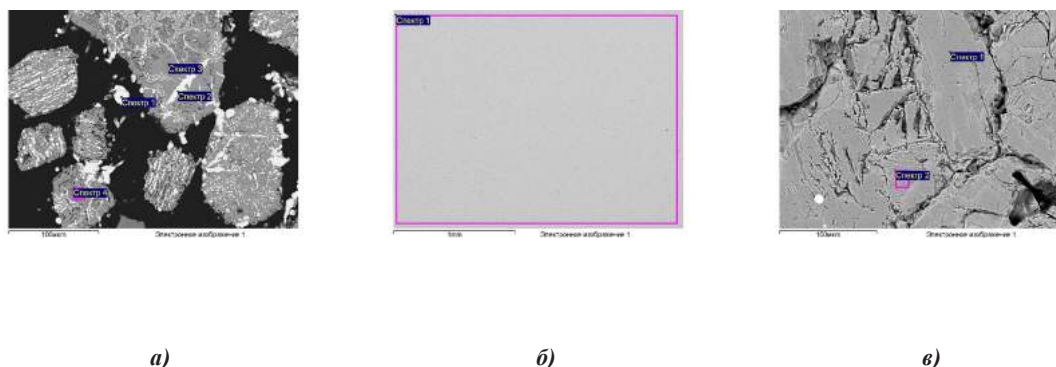


Рис. Продукты восстановительного обжига (а) и разделительной плавки – металл (б) и шлак (в)

Результаты экспериментов. После восстановительного обжига на поверхности и внутри кусков ильменита обнаруживаются выделения металлической фазы (рис., а). В то же время ни на поверхности образцов ни, тем более, внутри них нет золы и остатков угля. Таким образом, при твёрдофазном восстановлении не происходит загрязнение продуктов восстановления – углеродом металла или оксидами золы – шлака.

В результате разделения восстановленного материала образовался слиток чистого первородного железа без примеси титана (рис., б) и шлак, в котором наблюдаются редкие металлические включения (рис., в). В шлаке наблюдаются 3 фазы: фаза, обогащенная оксидами титана, ильменит новой генерации в виде дендритов и силикатная фаза, заполняющая междендритное пространство. Но в шлаке обнаруживается алюминий, появление которого обусловлено растворением в шлаке глинозема корундового тигля.

Таблица

Состав фаз, ат. %

| Спектр | O | Al | Si | Ti | V | Mn | Fe | Фаза |
|---|------|-----|-----|------|-----|-----|-------|--|
| Концентрат после восстановительного обжига при 1300 °С и выдержке 120 минут (рис., а) | | | | | | | | |
| Спектр 1 | – | – | – | 1.5 | – | – | 98.5 | металл |
| Спектр 2 | – | – | – | 2.2 | – | – | 97.8 | металл |
| Спектр 3 | 66.4 | – | – | 29.3 | 0.4 | 0.5 | 3.2 | общий концентрат оксидов титана и ванадия |
| Спектр 4 | 65.2 | – | 0.1 | 29.5 | 0.2 | 1.0 | 4.0 | общий концентрат оксидов титана и ванадия |
| Металл после разделительной плавки (рис., б) | | | | | | | | |
| Спектр 1 | – | – | – | – | – | – | 100 | |
| Шлак после разделительной плавки (рис., в) | | | | | | | | |
| Спектр 1 | 64.4 | 8.1 | – | 25.7 | 0.3 | – | 1.66 | общий концентрат оксидов титана и ванадия |
| Спектр 2 | 64.5 | 8.5 | 8.3 | 5.9 | – | – | 10.33 | ильменит новой генерации и силикатная фаза |

Обсуждение результатов. В ильмените железо находится в одной оксидной кристаллической решетке с более трудно восстанавливаемыми элементами – титаном и ванадием. В восстановительных условиях при относительно низкой температуре (ниже температуры плавления железа и оксидной фазы) происходит твёрдофазное восстановление железа. Восстановление титана и ванадия требует более высоких температур, поэтому эти элементы остаются в оксидной фазе. Как было показано в работе [4], восстановление заключается не в удалении кислорода, а происходит путём передачи по оксидной фазе электронов восстановителя (угля) восстанавливаемым катионам железа. Вследствие этого восстановление железа проходит во всем объеме исходного куска руды. Отсутствие подвода восстановителя к месту выделения металла внутри оксидной фазы исключает попадание углерода в металл, а золы угля в объём оксида. Тем самым твёрдофазное селективное восстановление железа в объёме оксида позволяет получать чистое первородное железо и не понижает концентрации TiO_2 в оксидной фазе.

Нагрев продуктов восстановительного обжига выше температуры плавления железа без восстановителя сопровождается плавлением и коагуляцией металлических частиц, оседанием металла на дно тигля. При этом тугоплавкий и вязкий гетерогенный шлак с высоким содержанием оксидов титана легко намораживается на стальной прут, оставляя в тигле только чистое первородное железо.

Таким образом, в результате низкотемпературного восстановительного обжига происходит селективное восстановление железа, которое можно осадить в относительно тугоплавком оксидном остатке. Используя приемы низкотемпературного восстановления и пирометаллургического разделения можно вовлечь в безотходную

переработку высокотитанистые титаномагнетиты, получая чистое железо и неразбавленный общий концентрат оксидов титана и ванадия.

Выводы:

1. В лабораторных условиях опробован процесс твердофазного восстановления железа из ильменитового концентрата с сохранением титана и ванадия в оксидной фазе.
2. Разделительной плавкой без добавления шлакообразующих и флюсующих материалов удастся получить чистое первородное железо и общий концентрат оксидов титана и ванадия.

Литература

1. Гудима Н.В., Шейн Я. П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 536 с.
2. Леонтьев Л.И., Ватолин Н. А., Шаврин С.Л., Шумаков Н.С. Пирометаллургическая переработка комплексных руд. – М.: Металлургия, 1997. – 432 с.
3. Панишев Н.В., Рашников В.Ф., Дубровский Б.А., Редин Е.В. Металлизация шпатовых железняков и титаномагнетитов Челябинской области // Реконструкция промышленных предприятий – прорывные технологии в металлургии и машиностроении: Восьмой международный промышленный форум. – Челябинск, 2016. – С. 48 – 49.
4. Роцин В.Е., Роцин А.В. Селективное восстановление металлов в решетке комплексных оксидов // Металлы. – 2013. – №2. – С. 12 – 20.
5. Смирнов, К.И. Селективное извлечение железа из комплексных железо-титановых оксидов // Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: материалы 17-й всероссийской конференции студентов, аспирантов и специалистов / под общ. Ред. Е.Б. Агапитова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. – С.76 – 78.
6. Уткин Н. И. Производство цветных металлов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004. – 442 с.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В БЕНТОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

С.С. Таиров, Б.Т. Сабилов

Научный руководитель профессор З.Р. Кадырова

*Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент, Узбекистан*

Природные минерально-сырьевые ресурсы являются одним из основных критериев, определяющие экономический потенциал государства, интенсивное развитие промышленности и производственных мощностей.

По результатам многолетних исследований геологов установлено, что структура минерально-сырьевой базы Узбекистана известна своей комплексностью и представляна месторождениями углеродного сырья, благородных, цветных и редких металлов, а также неметаллических полезных ископаемых. Запасы минерального сырья не только могут обеспечить действующие горнодобывающие комплексы на длительную перспективу, но и позволяют увеличить из мощности в будущем.

На ряду с запасами благородных, цветных и редких металлов, а также с другими полезными ископаемыми важное значение имеют и нерудные материалы, широко используемые в производстве строительных материалов и других областях промышленности.

На территории Узбекистана геологами обнаружены более 200 проявлений бентонитовых и бентонитоподобных глин, объемы запасов которых по предварительным данным, составляют ориентировочно более 2 млрд тонн. На сегодняшний день из них разрабатываются только Навбахорское, Азкамарское, Каттакурганское, Логонское, Шоруское месторождения. Общее количество добываемых и перерабатываемых бентонитовых глин не превышает всего 30-40 тыс. т в год, которое используется в основном при добыче и переработке нефти и газа, при производстве комбикормов, при очистке хлопкового масла и в других различных отраслях.

При этом следует отметить, что в мировой практике бентонитовые глины широко применяются в более 200 направлениях. На сегодняшний день у нас в республике использование их ограничивается только по выше указанными несколькими направлениями [1, 2].

Учитывая высокую пластифицирующую способность бентонитовых глин представляло интерес исследовать их влияние на технологические и физико-химические свойства керамического материала.

С учетом вышеизложенного, для комплексного исследования физико-химических свойств керамического материала и с целью дальнейшей обработки составов керамических масс для облицовочных плиток нами составлена серия шихтовых составов и выполнен ряд лабораторных экспериментов. Нами составлены двухкомпонентные системы «Логонская битонитовая глина - Язьванский бархатный песок» путем составления и исследования свойств образцов на основе опытных керамических масс. Химические составы исходных материалов приведены в таблице 1.