

РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 622.7

Чижевский В.Б., Шавакулева О.П., Гмызина Н.В.

ОБОГАЩЕНИЕ ТИТАНОМАГНЕТИТОВЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА

Представлены материалы по минерально-сырьевым ресурсам Южного Урала и изложены теоретические основы решения проблемы обеспечения железорудным сырьем предприятий. Предложена принципиальная схема переработки титаномагнетитовой руды с получением кондиционных железованадиевого и ильменитового концентратов.

Ключевые слова: титаномагнетитовая руда; обогащение; исследования; технология переработки; концентрат.

Provides materials for mineral resources of southern Urals and theoretical bases of resolving the problem to ensure iron ore raw materials enterprises of the southern Urals. The General scheme of the processing titanomagnetite ore to produce the required iron-vanadium and ilmenite concentrates.

Key words: titanomagnetite ore; ore dressing; the study of ore; technology of processing; concentrate.

Урал располагает разнообразными минеральными запасами. Здесь имеются почти все виды минеральных ресурсов, необходимые для развития промышленности. Редкое сочетание рудного, химического сырья и нерудных полезных ископаемых.

Одно из главных богатств Урала – руды черных металлов. Крупнейшие месторождения ценных титаномагнетитов – Качканарское и Гусевогорское – имеют геологические запасы свыше 12 млрд т. Массовая доля железа в этих рудах составляет 13-16%, но они содержат такие ценные компоненты, как ванадий и титан.

Ряд месторождений железных руд Урала в значительной степени исчерпан и добыча в них резко падает. Так, Магнитогорское месторождение, находящееся в юго-восточной части Уральских гор, уже не покрывает потребности в руде Магнитогорского металлургического комбината и ее приходится привозить из других железорудных баз. Перспективным сырьем являются расположенные в регионе титаномагнетитовые руды месторождений Копанское, Чернореченское, Медведевское, Малый Куйбас, Суроямское, Тымлай и Качканарское. Особый интерес представляют Копанское и Чернореченское месторождения с прогнозными ресурсами до 6 млрд т. Руды этих месторождений в зависимости от соотношения рудообразующих минералов делятся на сплошные титаномагнетитовые и вкрапленные. Сплошные титаномагнетитовые руды являются преобладающим типом на Чернореченском месторождении, а на Копанском они составляют 40,2% от общих учтенных балансовых запасов. Магнетит является наиболее распространенным минералом в составе как сплошных, так и вкрапленных руд. Содержание его составляет от 15-20 до 70-90%. Размеры зерен магнетита колеблются в широких пределах от 0,05-0,08 до 1,5-2,0 мм. Вторым по степени распространения рудообразующим минералом является ильменит, содержание которого составляет от 10 до 30% от рудной массы. Сплошные руды

аналогичны рудам Кусинского месторождения, которые переработаны по технологии, включающей мокрую магнитную сепарацию и флотацию ильменита.

Титаномагнетитовые руды имеют в своем составе железо, титан и ванадий в количествах, достаточных для их промышленного извлечения. Однако ограничивающим фактором для широкого их использования в традиционной металлургии является наличие в получаемых концентратах диоксида титана.

Исследование структурно-текстурных особенностей руды показало, что зерна магнетита пронизаны точечными и пластинчатыми включениями ильменита. Это определяет трудную степень обогатимости данных руд.

Исследованиями обогатимости титаномагнетитовых руд занимались многие организации, в том числе центральная лаборатория Уральского территориального управления, институты Уралмеханобр и Механобр. Были выполнены лабораторные, полупромышленные и промышленные испытания. По разработанной магнитогравитационной технологии переработки ильменитовых руд были получены ильменитовый концентрат с массовой долей диоксида титана до 42,7% при извлечении его 77,6% и магнетитовый концентрат с массовой долей железа до 60,3% при извлечении 14,5%. Реализация данной технологии для получения магнетитового концентрата была нецелесообразна ввиду малого его выхода и высокой массовой доли в нем диоксида титана, доходящей до 10,5-11,0%. Использование такого концентрата в металлургическом переделе с применением традиционных процессов невозможно.

По размеру вкрапленности рудных минералов выделяют несколько типов титаномагнетитовых руд (см. таблицу)

Представленная классификация не позволяет рекомендовать технологию переработки титаномагнетитовых руд. Наиболее важное значение для данных руд имеет форма нахождения диоксида титана.

Технологическая классификация титаномагнетитовых руд

Руда	Крупность зерен титаномагнетита, мм	Массовая доля фракций титаномагнетита, %		Запасы, доли ед.
		дисперсной	дисперсной и тонкой	
Крупновкрапленая	3	0-5	0-5	0,107
Среднекрупленая	1-3	5-10	5-15	0,201
Мелковкрапленая	0,2-1	10-17	15-50	0,416
Тонковкрапленая	0,74-0,2	17-50	50-75	0,228
Дисперсно-крупленая	0,074-0	50-100	75-100	0,048

Анализ исследований и практики переработки титаномагнетитовых руд позволяет разделить месторождения титаномагнетитовых руд на две группы.

1. Группа месторождений, в которых титаномагнетит представлен структурой срастания магнетита и ильменита. К таким месторождениям относятся Копанское, Медведевское, Кусинское, Чернореченское, Суоямское и т.д. Для переработки руд данного типа возможно применение различных технологий обогащения с использованием как магнитно-гравитационных, так и магнитно-флотационных технологий с различными реагентными режимами. В результате обогащения возможно получение железованадиевого и ильменитового концентратов. При тонкой вкрапленности титаномагнетитовой руды, когда зерна магнетита пронизаны точечными и пластинчатыми включениями ильменита и размеры их составляют от долей микрона до 0,1 мм, изредка достигая 0,4-0,6 мм, необходима доводка полученного железованадиевого концентрата. Технология доводки заключается в создании оптимальных условий для раскрытия сростков и избирательного разделения минералов, что обеспечивает повышение массовой доли железа с 55,4-57,9 до 60,0-62,0% при уменьшении массовой доли диоксида титана с 10,5-11,3 до 5,8-4,1% в железованадиевом концентрате. Ильменитовый концентрат получается с массовой долей диоксида титана 43,2-45,1% при извлечении 47,2-49,7%. Важнейшее значение при этом имеет количество свободного ильменита в руде.

В результате обогащения возможно получение железованадиевого и ильменитового концентратов. Предварительные исследования позволили разработать технологию переработки титаномагнетитовых руд, принципиальная схема которой приведена на рисунке.

Некоторая часть получаемого железованадиевого концентрата с массовой долей диоксида титана 5,8-4,1% может быть подшихтована к магнетитовым и железосодержащим компонентам шихты для традиционной металлургии, а остальная его часть должна перерабатываться с приме-

нением новых технологических процессов.

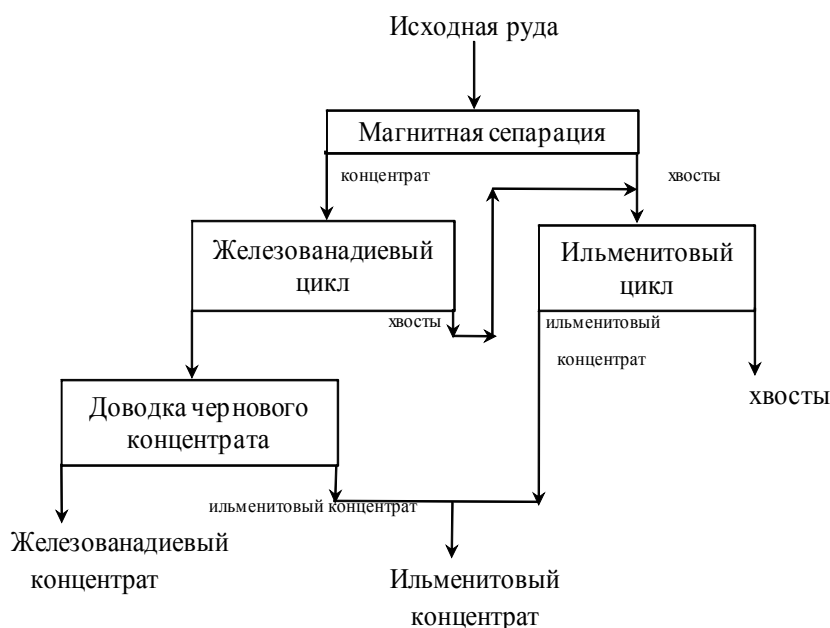
2. Группа месторождений, в которых титаномагнетит представлен твердым раствором диоксида титана в магнетите, являющимся сложным оксидом и представляющим собой:

– промежуточный член изомерной серии твердых растворов – магнетит (Fe_2O_4) → ульвешпинель ($TiFe_2O_4$) → магнезиальная ульвешпинель ($TiMg_2O_4$);

– магнетит с включениями продуктов распада твердых растворов (ильменита ульвешпинели) и их последующего замещения (рутил, перовскит);

– магнетит с высоким содержанием (до 37%) ильменитовой компоненты ($Fe_3O_4 + FeTiO_3$), которая называется титаномаггемит.

К этой группе можно отнести месторождения Качканарское, Малый Куйбас и Тымлай. Железосодержащий концентрат с массовой долей диоксида титана до 2-2,5%, получаемый из руд Качканарского месторождения, используется совместно с магнетитовым концентратом, а титаномагнетитовая руда месторождения Малый куйбас подшихтовывается к магнетитовой руде перед ее обогащением. Попытки снизить массовую долю диоксида титана в магнетитовых концентратах, получаемых из вышеуказанных руд, не дали положительных результатов. Особенно наглядно это проявляется при переработке титаномагнетитовых руд месторождения Тымлай. При массовой доле железа в исходной руде 34,7%, а диоксида титана – 11,89% черновой концентрат содержит 49,1% железа и 15,1% диоксида титана. Применение доводки чернового концентрата позволило повысить массовую долю железа до 55,8%. Одновременно повысилась и массовая доля в нем диоксида титана до 17,36%, то есть имеется прямая взаимосвязь массовой доли в концентратах железа и диоксида титана. Это свидетельствует о тесной связи титана с железом. Применение обратной катионной и анионной флотации, прямой анионной флотации не дало положительных результатов.



Принципиальная схема обогащения титаномагнетитовых руд первой группы месторождений

Следует отметить, что массовая доля диоксида титана в немагнитных продуктах перемелывания снижается до 7,21-7,41%, а в продуктах флотации до 7,75-10,3%, что не позволяет получать ильменитовый концентрат. Таким образом, использование механических процессов переработки руд данного типа без изменения ее фазового состава не позволяет получить кондиционные железонадиевый и ильменитовый концентраты, так как диоксид титана тесно связан с железом и при повышении массовой доли его в концентратах увеличивается и массовая доля диоксида титана. Полученные концентраты требуют специальной металлургической переработки.

Разработка эффективных технологий переработки титаномагнетитовых руд может обеспечить получение высококачественных концентратов. Поэтому разработка технологии комплексной переработки титаномагнетитовых руд приобретает особую актуальность в настоящее время. Решение данной задачи позволит широко использовать титаномагнетитовые руды и обеспечить железорудным сырьем предприятия Южного Урала.

Список литературы

1. Резниченко В.А., Шабалин Л.И. Титаномагнетиты, месторождения, металлургия, химическая технология. М.: Наука, 1986.
2. Пат. 035212 РФ, МПК В03С 1/00. Способ обогащения титаномагнетитовых руд / Чижевский В.Б., Рашиков В.Ф., Тахаутдинов Р.С. и др. (РФ). Бюл. № 18.
3. Шавакулева О.П. Технология обогащения титаномагнетитовой руды Копанского месторождения // Материалы VI Конгресса обогатителей стран СНГ. М.: Альтекс, 2007. Т. I. С. 133-134.
4. Чижевский В.Б., Шавакулева О.П. Обогащаемость различных типов титаномагнетитовых руд // Материалы международного совещания. Екатеринбург: Изд-во «Форт Диалог-Исеть», 2011. С. 529-531.
5. Гмызина Н.В. Интенсификация процесса измельчения конвертерных шламов // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 3(27). С. 13-14.

Bibliography

1. Reznichenko V.A., Shabalin L.I. Titanomagnetite, field, metallurgy, chemical technology. M.: Science, 1986.
2. Patent 035212. Method of ore dressing of titanomagnetite ores / Chyzhevsky V.B., Rashnikov V.F., Taxautdinov R.S. (Russian Federation).
3. Shavakyleva O.P. The technology of titanomagnetite ore dressing of the Copansko field // Materials of VI Congress of CIS dressers. M.: Alteks, 2007. T. I. P. 133-134.
4. Chyzhevsky V.B., Shavakyleva O.P. Ore dressing of tin different types of titanomagnetite ores // Materials of the international meeting. Ekaterinburg: Publishing House «Fort Dialog-Iset», 2011. P. 529-531.
5. Gmyzina N.V. Improvement of the grinding converter's slag // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2009. № 3(27). P. 13-14.

УДК 669.3

Катренов Б.Б., Жумашев К.Ж.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕДНОГО КУПОРОСА ПРИ ГРАНУЛЯЦИИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА

В статье рассматривается влияние медного купороса на показатели статической прочности высушенных гранул из медного концентрата. Предложено использовать медный купорос в качестве добавки к водному раствору лигносульфоната, который применяется в качестве связующего при грануляции медного концентрата. Данная мера позволяет снизить плотность раствора связующего с 1,09 до 1,02 т/м³ и, таким образом, сократить расход порошкообразного лигносульфоната на грануляцию.

Ключевые слова: гранулы из медного концентрата, статическая прочность гранул, медный купорос, водный раствор лигносульфонатов.

The article about effect of copper vitriol on the indices of static strength of dried pellets of copper concentrate. Use of copper vitriol as addition to the water solution of lignosulphonate, which use as binder in pelletization of copper concentrate, was suggested. This measure will allow reduce density of binder from 1,09 to 1,02 t/m³, therefore, will allow reduce consumption of powdered lignosulphonate to pelletization.

Key words: pellets of copper concentrate, static strength of pellets, copper vitriol, water solution of lignosulphonate.

В производстве меди на этапе гранулирования медного концентрата в качестве связующего традиционно используется жидкий технический лигносульфонат – раствор лигносульфоната, получаемый путём растворения порошкообразного лигносульфоната в воде. Это связующее обеспечивает достаточную прочность получаемых гранул. Однако высокая стоимость порошкообразного лигносульфоната требует сокращения его расхода на грануляцию путем частичной замены на другое, более дешевое, связующее. Учитывая это, нами в качестве замены было предложено использовать медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, получаемый из отработанного электролита [1]. Для проверки возможности его использования были поставлены эксперименты по грануляции медного концентрата, по результатам которых определялось влияние медного купороса на показатели статической прочности высушенных гранул. Химический состав медного концентрата представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав медного концентрата

Cu	Pb	Zn	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
13,8	3,28	4,12	29,95	36,85	8,07	2,1	1,01

Для изучения статической прочности гранул были использованы положения вероятностной теории прочности конгломератов [2]. Согласно ей вероятностная модель статической прочности гранул имеет вид

$$P_C = 0,5 \left(\frac{\mathcal{E}_H}{\mathcal{E}_D} \right)^6, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_H – энергия нагрузки на гранулу, Дж; \mathcal{E}_D – энергия образования поверхности разрушения, Дж; P_C – вероятность сохранности гранул при наложении статической нагрузки (доли ед.).

$$\mathcal{E}_H = m_G g d, \quad (2)$$