

УДК 66.014**МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ, КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ**Андриасян Д.А.¹, студент гр. ХТб-231, 3 курс,Научный руководитель: Пилин М.О.¹, старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева, г. Кемерово

Начало XX века ознаменовалось созданием электромагнитных сепараторов с регулируемой напряжённостью поля. В 1930–1950-е годы в СССР под руководством В.В. Кармазина и П.Е. Рискина были сформулированы теоретические основы, разработаны классификации и созданы промышленные образцы барабанных, валковых и роторных сепараторов. С 1970-х годов активно развивается высокоградиентная магнитная сепарация (HGMS), позволившая извлекать слабомагнитные минералы (гематит, ильменит, хромит) из тонкоизмельчённых руд. В конце XX – начале XXI века распространение получили сепараторы на основе редкоземельных магнитов NdFeB, а затем – сверхпроводящие системы с индукцией до 5–7 Тл. Значительный вклад в теорию внесли отечественные учёные (В.В. Кармазин, А.Г. Богданович, Ю.В. Обухов) [1].

Магнитная сепарация остаётся одним из наиболее экологически безопасных и энергоэффективных методов разделения сыпучих материалов и жидкостей. В условиях истощения богатых руд, вовлечения в переработку тонковкрапленных полиминеральных образований и техногенных отходов (шламов, золошлаковых смесей, электронного лома) возрастают требования к селективности разделения и глубине извлечения ценных компонентов. Сепарация основана на избирательном действии неоднородного магнитного поля на частицы, обладающие различной магнитной восприимчивостью [2].

Данный метод переработки основан на избирательном действии неоднородного магнитного поля на частицы, обладающие различной магнитной восприимчивостью.

Технология сепарации применяется во многих промышленных отраслях:

Горнорудной промышленности является традиционной и наиболее масштабной сферой использования магнитной сепарации. При обогащении железных руд магнетитовые руды перерабатывают низкоинтенсивными барабанными сепараторами, тогда как для гематитовых руд применяют высокоградиентные или роторные сепараторы. Для получения концентратов высокого качества используют каскадные схемы с несколькими стадиями сепарации. При переработке марганцевых, хромовых и титановых руд магнитная сепара-

ция служит для удаления пустой породы и повышения содержания оксидов. Для редкоземельных руд высокоградиентная сепарация позволяет извлекать монацит, ксенотим и бастнезит в виде тонких вкраплений. Кроме того, метод широко применяется для доводки концентратов и удаления примесей – например, очистки кварцевых песков, полевого шпата, каолина от железосодержащих минералов (гётита, гематита, ильменита) с помощью слабомагнитной сепарации [3].

Переработка техногенного сырья становится всё более значимой областью. При извлечении металлов из шлаков (доменных, сталеплавильных, ферросплавных) магнитная сепарация позволяет отделить металлическую фазу от шлаковой. Из золошлаковых отходов ТЭС извлекают магнитную фракцию (магнетит) для использования в тяжёлых средах и строительных материалах. Также метод применяется для очистки сточных вод металлургических и машиностроительных производств от ферромагнитных загрязнений (окалина, частицы износа) [4].

Принцип работы магнитного сепаратора:

Смесь частиц (исходный материал), содержащая ферромагнитные и немагнитные компоненты, из загрузочного бункера поступает на вибрационный или ленточный питатель. Питатель обеспечивает равномерное распределение материала по всей ширине рабочей зоны и формирует тонкий слой (обычно 1–3 толщины самых крупных частиц). Далее материал подаётся в рабочую зону магнитного сепаратора, где происходит разделение под действием неоднородного магнитного поля. Неоднородное поле создаётся путём специальной конфигурации магнитных систем: чередование полюсов, применение зубчатых полюсных наконечников, использование ферромагнитных матриц [5].

В данной работе применялась методика сухой магнитной сепарации. Исследовались образцы отходов углеобогащения различного класса крупности: 0,5-13 мм. и 13+мм.

Метод испытаний

Объектом данного исследования являлись отходы углеобогащения ЦОФ «Барзасское товарищество» с размером фракции 13+ мм.

Для исследования проводился отбор пробы, разной по гранулометрическому составу фракции – 0,03 мм, 0,14мм, 0,2 мм. Методом квартования отбиралось 100 г. исследуемого образца. Далее проводилось магнитное сепарирование на электромагнитном валовом сепараторе ЭВС-15/5 для слабомагнитных руд при разной силе тока: 5А, 10А, 15А, подаваемого на электромагнит.

Определение элементного состава магнитной фракции отходов проведено на вакуумном волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектро-

метре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM» (производство ООО НПО «СПЕКТРОН» г. Санкт-Петербург) с напряжением на аноде рентгеновской трубки 40 кВт и мощностью рентгеновской трубки 160 Вт, предназначенном для определения содержаний химических элементов от Na до U в различных веществах. Результаты исходного образца представлены в Таблице 1 .

Таблица 1.

Исходное содержание элементов в отходе

Наим. элемента	ЦОФ Барзасское товарищество (БТ-2 (13+))
Mg, %	1,276
Al, %	14,152
Si, %	30,035
P, %	0,020
S, %	0,054
K, %	2,818
Ca, %	0,221
Ti, %	0,377
V, %	0,008
Mn, %	0,095
Fe, %	3,305
Sr, %	0,002
Ba, %	0,046

Таблица 2.

Исходное содержание элементов в пересчете на оксиды

Наим. элемента	ЦОФ Барзасское товарищество (БТ-2 (13+))
MgO, %	2,116
Al ₂ O ₃ , %	26,736
SiO ₂ , %	64,257
P ₂ O ₅ , %	0,046
SO ₃ , %	0,135
K ₂ O, %	6,791
CaO, %	0,309
TiO ₂ , %	0,634
V ₂ O ₅ , %	0,014
MnO, %	0,033
Fe ₃ O ₄ , %	2,875
SrO, %	0,012
BaO, %	0,051

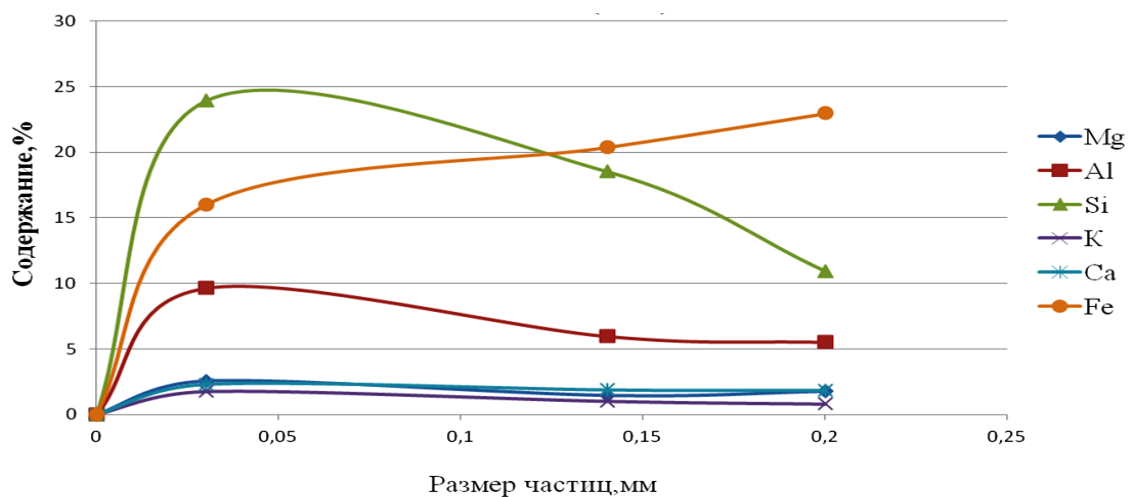


Рис.1 График зависимости содержания элементов в магнитной фракции от размера частиц при силе тока 5А (БТ-2(13+))

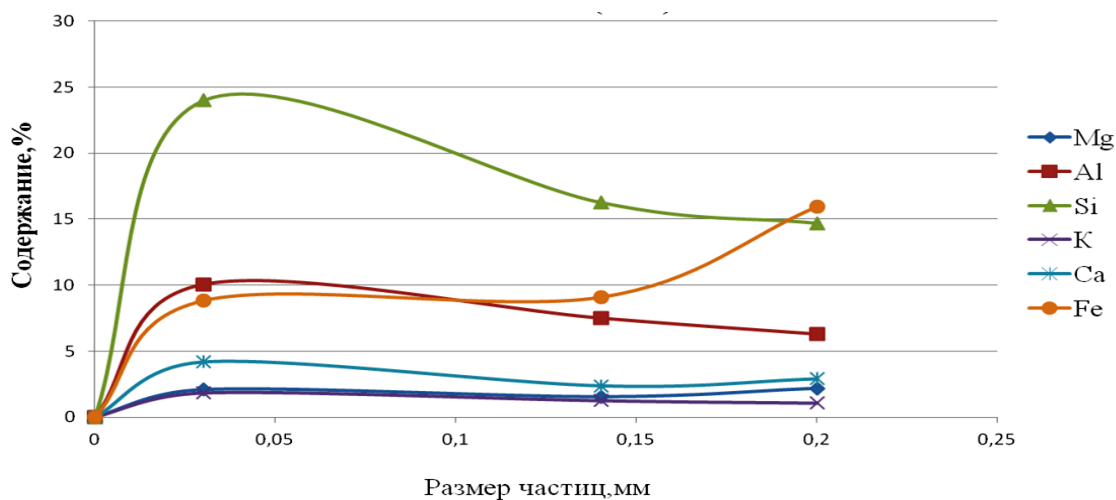


Рис.2 График зависимости содержания элементов в магнитной фракции от размера частиц при силе тока 10А (БТ-2(13+))

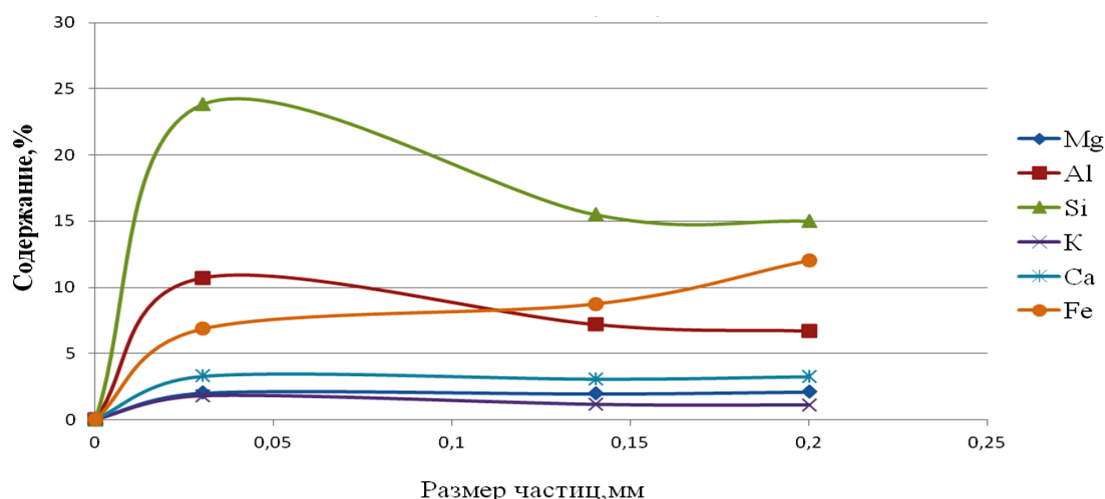


Рис.3 График зависимости содержания элементов в магнитной фракции от размера частиц при силе тока 15А (БТ-2(13+))

Выводы по исследованию:

На основании исходных данных можно сделать следующие выводы:

1.Отходы углеобогащения (фракция 13+) содержат значительное количество алюмосиликатов ($\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 26,7\%$, $\text{SiO}_2 \sim 64,3\%$), а также в состав входит $\text{Fe}_3\text{O}_4 \sim 2,9\%$). Это типичные техногенные отходы, с присутствием железа преимущественно в виде магнетита.

2.Применение магнитной сепарации позволяет извлекать магнитную фракцию, обогащенную железом. Исходя из рис.1-3, наблюдается тенденция при увеличении силы тока содержание железа уменьшается, отсюда следует, что оптимальная сила тока 5А.

3.Влияние крупности частиц: наиболее эффективное извлечение достигается для фракции 0,03, так как при этом размере обеспечивается хорошее вскрытие минеральных сростков и достаточная магнитная восприимчивость.

Заключение:

Единственный минус данного метода заключается в том, что не позволяет удалить тонкодисперсные немагнитные примеси (глинистые частицы, кварц) для повышения качества концентрата может потребоваться дополнительные методы концентрации (мокрая магнитная сепарация или гравитационные методы)

Список литературы:

1. Кармазин В.В. Магнитное обогащение. – Москва : Недра, 1970. – 350 с.
2. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные и электрические методы обогащения : учебник для вузов. – Москва : Горная книга, 2011. – 404 с. – ISBN 978-5-98672-245-4.
3. Svoboda J. Magnetic Methods for the Treatment of Minerals. – Amsterdam : Elsevier, 1987. – 692 p. – ISBN 0-444-42777-8.

4. Обухов Ю.В., Иванов А.В. Высокоградиентная магнитная сепарация: современное состояние и перспективы // Горный журнал. – 2023. – № 7. – С. 54–61. – DOI: 10.17580/gzh.2023.07.09.
5. Богданович А.Г., Рискин П.Е. Магнитная сепарация в водных средах. – Ленинград : Недра, 1985. – 280 с.