

УДК 502.1

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНЕТИТА ИЗ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ УГЛЕЙ

Черепова А.Е. студентка гр. ХТ-181, 1 курс, Ушакова Е.С. к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Сегодня в России зарегистрировано более 7 500 электростанций, из них более 2 500 – тепловые электростанции (ТЭС). Ежегодный выход золошлаковых отходов (ЗШО) на российских тепловых электростанциях в 2005 году составил около 30 млн тонн, а в 2010 году достиг 40 млн тонн, а к 2020 году может достичь более 55 млн тонн. Для хранения данных отходов строятся золоотвалы, которые занимают значительную площадь. Уже сегодня запас накопленных отходов российской теплоэнергетики в общей сложности составляет около 1,5 млрд тонн, а площадь превысила 20 тыс. га. [1]. Использование золошлаковых отходов в России находится на крайне низком уровне: степень утилизации золошлаков ТЭС не превышает 8-10% и составляет – 1,5-2,1 млн тонн в год. Тогда как в других странах этот уровень в разы выше.

Степень использования ЗШО в основных угледобывающих странах [2]: Дания – 100%, Польша – 87,3%, Германия – 75%, Англия – 65%, Китай – 5%, США – 38%, Австралия – 34%, ЮАР – 30%, Индия – 26%, Россия – 10%.

Ожидается истощение в ближайшее время открытых золоотвалов теплоэлектростанций Кемеровской области. Так, по данным [3, 4] на Кузнецкой ТЭЦ накопители золошлаковых материалов полностью на Кемеровской ГРЭС – в 2018 г., Ново-Кемеровской ТЭЦ – 2020 г., Кемеровской ТЭЦ – 2021 г., Беловской ГРЭС – 2022 г., Томь-Усинской ГРЭС – 2028 г. [5]. Таким образом, проблема не решена как в целом по России, так и в Кузбассе [6].

Также немало важно, что золоотвалы создают большую экологическую напряженность в регионе, представляют угрозу для окружающей среды и здоровья людей. В результате ветровой эрозии частицы золы поступают в атмосферу и распространяются на несколько километров. Осевшая пыль, а вместе с ней химически активные токсичные вещества загрязняют почву [7].

Угольные золоотвалы, оказывают значительное влияние на природно-территориальные комплексы (ПТК). Их воздействие осуществляется через рассеивание золы ветром, фильтрацию вод сквозь стенки и дно золоотвалов, а также в результате предусмотренных сбросов осветленных вод, частичный сброс которых происходит при мокром золоудалении. Кроме влияния на ПТК, пылящие золоотвалы ухудшают гигиеническую обстановку на прилегающих территориях, уменьшают производственный ресурс машин, механизмов, а иногда – и сельскохозяйственных угодий.

Несмотря на отрицательную сторону вопроса, золоотвалы можно считать техногенным месторождением полезных ископаемых, так как, по сути, являются вторичными ресурсами сырьевого значения. В зольных отходах со-

держится достаточно большое разнообразие соединений алюминия, кремния, железа, никеля, хрома, марганца, редких и рассеянных элементов, таких как ванадий, германий, галлий (таблица) [8].

Таблица

Содержания основных компонентов ЗШО

Компонент	Среднее содержание, %		Компонент	Средние содержания, %	
	диапазон	среднее		диапазон	среднее
SiO ₂	51-60	54,5	CaO	3,0- 7,3	4,3
TiO ₂	0,5- 0,9	0,75	Na ₂ O	0,2- 0,6	0,34
Al ₂ O ₃	16-22	19,4	K ₂ O	0,7-2,2	1,56
Fe ₂ O ₃	5- 8	6,6	SO ₃	0,09- 0,2	0,14
MnO	0,1- 0,3	0,14	P ₂ O ₅	0,1-0,4	0,24
MgO	1,1- 2,1	1,64	прочее	5,8- 18,8	10,6

Цель работы – рассмотреть методы выделения магнетита из отходов сжигания углей и дальнейшее его применение в составе сорбентов.

При сжигании углей в топках котлов органическая часть (углеводороды) сгорает, образуя дымовые газы, а неорганическая часть образует золошлаки. Большая часть примесей в процессе сжигания угля переходит в летучую золу, уносимую дымовыми газами и улавливаемую золоуловителями. В зависимости от способа улавливания зола может быть сухой и мокрой. Другая часть, в зависимости от конструкции топки и физических особенностей минеральной составляющей топлива, переходит в шлак. Зола и золошлаковые смеси представляют собой твердый несгоревший остаток твердого топлива, который в виде пульпы удаляется в золоотвалы. В зависимости от вида угля и условий его сжигания, золы и золошлаковые смеси характеризуются различным химическим составом и физическими свойствами.

Зола в основном представлена фракцией 0,01-0,1мм при максимальном размере частиц не более 1-2 мм. Шлак в основном представлен фракциями 0,1-20 мм, при максимальном размере частиц 40-60 мм и минимальном 0,04 мм. Таким образом, зола представляет собой мелкодисперсный минеральный порошок от светло-серого до темно-серого цвета. Шлак имеет аналогичный цвет, но отличается от золы большей крупностью. Золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании угля в топках ТЭЦ и котельных, являются механической смесью золы и шлака. Усредненное состояние выхода золы и шлака составляет 4:1.

При сжигании углей происходит термохимическое преобразование соединений пирита (FeS₂) и сидерита (FeCO₃) в минерал магнетит (Fe₃O₄). Находясь в расплавленном, распылённом и взвешенном в струе дымовых газов состоянии, капли магнетита приобретают форму шариков сизовато черного цвета. Размеры магнетитовых шариков (магнетит – ферромагнетик) колеблются от 20 до 100 мкм. Их содержание в золе 3-16%, а ежегодное «производство», по ориентировочным подсчетам, для теплоэлектростанций России со-

ставляет десятки тысяч тонн [9]. Выделенные магнетитовые микрошарики из золы угольных электростанций можно использовать в дальнейшем, как сырье для нефтесорбентов, обогащения нужных ископаемых, создание красителей, наполнителей «тяжёлых» бетонов, способных экранировать электрические излучения, в порошковой металлургии. Выделение и использование магнетитовых микрошариков из золы сжигания углей намного экономичнее и эффективнее, чем получение синтетических магнетитов.

По имеющимся данным исследований ЭНИН им. Кржижановского в результате магнитной сепарации из сухой золы при годовом объеме ее выхода только на одной ТЭС около 500 тыс. т можно получить в зависимости от типа сжигания углей более 40 тыс. т магнетитовых микрошариков [10].

Для выделения магнитных микросфер из золы могут использоваться методы сухой и мокрой магнитной сепарации.

Мокрой магнитной сепарации подвергаются тонко вкрапленные сильномагнитные руды и другие материалы после их измельчения до необходимой степени раскрытия извлекаемых минералов руды крупностью менее 0,1 мм.

В качестве основных аппаратов наибольшее распространение получили барабанные сепараторы типа ПБМ со слабым магнитным полем, нижним питанием, с прямоточной, противоточной и полупротивоточной ваннами.

Наиболее распространенные сепараторы ПБМ-90/250 (рисунок 1) состоят из барабана 1, покрытого резиной, ванны 4, коллектора 3 для смывной воды, загрузочного устройства 5 и приемных устройств для продуктов обогащения. Внутри барабана на неподвижной оси расположены его привод и шестиполусная магнитная система 2. Пульпа равномерным слоем подается под вращающийся барабан и перемещается через рабочую зону по криволинейной траектории. Магнитные минералы в зоне действия магнитной системы притягиваются к барабану, выносятся в концентратное отделение ванны и смываются с него водой.

Для разделения магнитной и немагнитной фракций чаще используют метод сухой магнитной сепарации, так как, исходя из опыта многих исследователей, сухая магнитная сепарация в три приема позволяет получить такое качество концентрата, которое мокрая магнитная сепарация может обеспечить не менее чем за семь приемов [11].

Для обогащения руд крупностью более 6 мм применяется сухая магнитная сепарация. Так этим методом из золы могут быть выделены магнитные концентраты с выходом около 30 %. Схема разделения включает следующие стадии: гранулометрическая концентрация, гидродинамическое разделение, сухая магнитная сепарация тяжелых продуктов гидродинамического разделения при напряженности магнитного поля 0,3 Тл. Такая схема позволяет получать магнитные концентраты высокой чистоты и постоянного состава [12].

Исследования процесса магнитной сепарации шлаков проводятся на лабораторном барабанном сепараторе (рисунок 2). Он имеет вращающийся

наружный барабан – 1, изготовленный из немагнитного материала, внутри которого неподвижно закреплен магнитный барабан, состоящий из высокоэнергетических магнитов с магнитопроводом из стали марки Ст. 3. Угол заполнения барабана магнитами равен 210° . Магниты обеспечивают индукцию на поверхности 0,25-0,35 Тл. Барабан приводится во вращение от электропривода – 9. Исходный порошок шлака – 7 из бункера – 4 подается на вибропитатель – 3 и затем на вращающийся барабан. Вибропитатель имеет пульт управления, позволяющий регулировать амплитуду колебания питателя 1-10 мм. Это обеспечивает различную скорость (толщину слоя) подачи исходного материала на вращающийся барабан и как следствие, различные условия выделения магнитной фракции. Магнитная фракция из порошка шлака в зоне действия магнитов притягивается к поверхности барабана и удерживается на ней. После выхода барабана из зоны действия магнитов магнитная фракция осыпается в один сборник – 10, а немагнитная – в другой сборник – 11. Сборники – 10 и 11 представляют собой совместную подвижную конструкцию, что необходимо при сепарации материала с различным гранулометрическим составом [13].

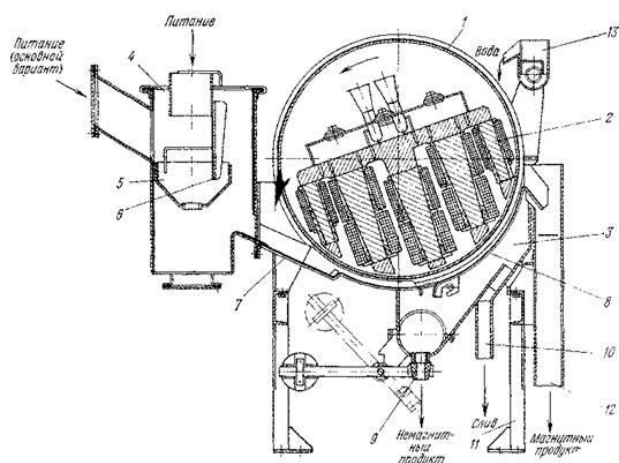


Рис. 1. Схема сепаратора ПБМ-90/250: 1 – барабан; 2 – магнитная система; 3 – ванна; 4, 12 – загрузочная и разгрузочная коробки; 5 – распределительная коробка; 6 – успокоитель; 7 – питающий лоток; 8 – концентратный лоток; 9 – хвостовые насадки; 10 – сливной патрубок; 11 – рама; 13 – брызгало

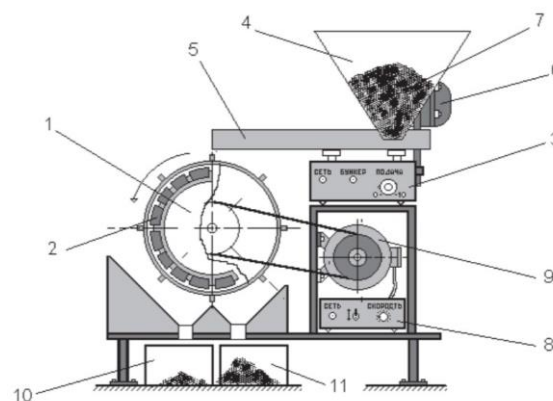


Рис. 2. Лабораторный магнитный сепаратор магнетита: 1 – барабан; 2 – постоянные магниты Nd, Fe, B; 3 – вибропитатель; 4 – бункер; 5 – подающий желоб; 6 – привод питателя; 7 – порошок для сепарации; 8 – блок управления вращением барабана; 9 – привод барабана; 10, 11 – сборники немагнитной и магнитной фракций

Таким образом, проблема золоотвалов является достаточно серьезной проблемой, как в экологическом плане, так и в плане незадействованных территорий. Доля отвалов с каждым годом только увеличивается, занимая при этом огромные площади. Разумное использование золы приведет к экономически выгодному выделению многих химических элементов и соединений, что благополучно скажется на многих отраслях промышленности. Например, создание сорбентов для очистки вод с использованием магнетита способно улучшить экологическое состояние многих регионов.

Список литературы:

1. Целыковский Ю.К. Некоторые проблемы использования золошлаковых отходов ТЭС в России. // Энергетик. – 1998. – №7. С. 29-34.
2. Делицын Л.М. Угольная зола: отходы или сырье. / Делицын Л.М. [и др.]. // Итоги второй Всероссийской научно - практической конференции. - 2003. – № 2. – С. 14-16.
3. Темникова Е.Ю., Богомолов А.Р., Полтавец А.В., Сысолятин А.С. Перспективы использования золы уноса Кемеровской ГРЭС // Вестник КузГТУ. – 2017. – С. 90- 97.
4. Нифантов, Б. Ф., Заостровский А.Н., Занина О.П., Исследование опыта промышленной переработки золы способом магнитной сепарации на Южно-Кузбасской ГРЭС. // Вестник КузГТУ. – 2006. – С. 84- 90.
5. Лапин А.А. Выделение магнитной фракции золы уноса Кемеровской грэс./ Лапин А.А., Темникова Е.Ю., Богомолов А.Р. // III Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» (13-15 декабря 2017 г.) – Кемерово. – 2017. – С. 175
6. Нифантов, Б. Ф. Угли Кузбасса: химические элементы-примеси и технологии их извлечения при комплексном освоении месторождений / Б. Ф. Нифантов, В. П. Потапов, Б. А. Анфёров, Л. В. Кузнецова. – Кемерово: ИУ СО РАН, 2011. – 310 с.
7. Шаронова О.М. Состав и направления использования летучей золы ТЭЦ-2 г. Улан-Удэ / О.М. Шаронова, Г.В. Акимочкина, Н.Н. Аншиц // Анализ состояния и развития природной территории: минерально-сырьевой комплекс: материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Улан-Удэ. – 2006. С. 99-101.
8. Умбетова Ш. М. Техногенные отходы предприятий энергетики и пути их вторичной переработки. // Вестник КазНТУ. – 2009. – №2.
9. Адеева Л.Н., Борбат В.Ф. Зола ТЭЦ – перспективное сырье для промышленности. // Вестн. Ом. ун-та. – 2009. – №2. С. 141–151.
10. Кизильштейн Л. Я. Следы угольной энергетики. // Наука и жизнь. – 2008. – №5. – С.42.
11. Шишелова Т.И., Самусева М.Н. Направления использования золошлаковых материалов ТЭС Иркутской области в качестве вторичного сырья. // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 8.
12. Кармазин В.В. Разработка мокрых магнитных сепараторов для стадийального выделения концентрата на обогатительных фабриках современных горнообогатительных комбинатов. / Кармазин В.В. [и др.]. // МГУ. – 2005. – С. 48-56
13. Софронов В.Л. Магнитная сепарация шлаков производства сплавов РЗМ Fe(Co) - В и лигатур РЗМ – Fe. / Софронов В.Л. [и др.]. // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 320. – №3. С.41-44