

Возможные технологии утилизации золы

Л. М. Делицын, доктор геолого-минерал. наук, заведующий лабораторией экологических проблем энергетики, Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)
Ю. В. Рябов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ОИВТ РАН
А. С. Власов, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ОИВТ РАН

В России много действующих тепловых электростанций, работающих на угольном топливе, в результате сжигания которого, помимо прочего, образуется огромное количество золы. Складирование золошлаковых отходов занимает большие площади. Однако золу можно использовать в строительстве и других отраслях промышленности. Рассмотрим возможности утилизации золы на примере московской ТЭЦ-22, являющейся одной из крупнейших в Европе тепловых электростанций и единственной на территории столицы, использующей в качестве топлива уголь (см. справку).

Характеристика золы ТЭЦ-22

По химическому составу основными компонентами золы ТЭЦ-22 являются оксиды кремния, алюминия и железа. Помимо этого, в ней содержится большое количество углерода, так называемого недожога угля (табл. 1). Высокое содержание в золе углерода и оксидов железа снижает



ее качество и препятствует широкому использованию в строительной и других отраслях промышленности.

Рассчитанные по данным химического анализа золы значения модуля основности (гидросиликатный) $M_o = 0,068$, силикатного (кремнеземистый) модуля $M_c = 1,744$ и коэффициента качества $K = 0,493^1$ показали, что зольные отходы ТЭЦ-22 по этим показателям относятся к инертным материалам. Летучая зола – материал пылящий и характеризуется большим количеством (около 40%) тонких классов, размер частиц которых меньше 10 мкм (табл. 2).

Утилизация золошлаковых отвалов

Вопросы об отработке золоотвалов и снижении водопотребления ТЭЦ-22 стоят как никогда актуально, если принять во внимание следующие факторы:

- близость золоотвалов к городским застройкам, местами не превышающая 1,5 км,
- ограниченность площадей для расширения золоотвалов,
- возрастающие нагрузки на окружающую среду (проникновение загрязненной твердыми частицами и нефтепродуктами жидкой фазы в грунтовые воды, загрязнение воздуха пылевыми выбросами и др.).

Дальше речь пойдет как об отработке заскладированных ЗШО, так и о возможностях отбора образующейся котельной и летучей золы для последующего обогащения и утилизации полученных при этом полезных продуктов.

В настоящее время часть золоотвалов уже используется для нужд дорожного строительства. Заявлено также

¹ Определялись по формулам: $M_o = (CaO + MgO + K_2O + Na_2O) / (SiO_2 + Al_2O_3)$; $M_c = SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$; $K = (CaO + Al_2O_3 + MgO) / (SiO_2 + TiO_2)$.

Таблица 1 Химический состав золы уноса (% масс.)

Компоненты	Содержание, % масс.	Компоненты	Содержание, % масс.
SiO ₂	52,2 – 64,3	MgO	1,0 – 2,0
Al ₂ O ₃	23,5 – 29,0	K ₂ O	1,0 – 2,3
Fe ₂ O ₃ (3 ⁺)	6,0 – 10,0	SO ₂	0,2 – 0,8
FeO (2 ⁺)	0,8 – 1,5	P ₂ O ₅	0,2 – 1,0
TiO ₂	0,6 – 1,0	MnO	0,3 – 0,4
CaO	2,2 – 5,8	C (углерод)	12,0 – 16,0

Таблица 2 Фракционный состав летучей золы ТЭЦ – 22 (по данным [2])

Размер частиц, мкм	>100	40–100	20–40	10–20	6–10	4–6	1–2
Содержание в пробе, % масс.	10	26	9	15	13	12	15

и о строительстве двух накопительных силосов сухой золы из электрофильтров емкостью 6000 м³. Однако в результате полной утилизации золы ТЭЦ-22 достигается несколько целей: экономия топливных и минеральных ресурсов, освобождение площадей, занимаемых золошлакоотвалами, и улучшение экологической ситуации в районе расположения электростанции.

Предлагаем пути полной утилизации котельной и летучей золы ТЭЦ-22, как заскладированной в золоотвалах, так и текущей.

Обогащение котельной золы

Установку для обогащения котельной золы ТЭЦ-22 из золоотвала или непосредственно после узла мокрого золоудаления предложила немецкая фирма Schauenburg MAB (далее – MAB). Данная установка должна решать задачу получения различных фракций золы размером 16–32, 8–16, 3–8 и 0–3 мм. В Европе самая мелкая фракция 0–3 мм используется в проектах гражданского строительства,

СПРАВКА

ТЭЦ-22

Установленная тепловая мощность ТЭЦ-22 составляет 3606 Гкал, а установленная электрическая мощность – 1310 МВт. Для производства электроэнергии на ТЭЦ-22 используются газ и тощие каменные угли Кузнецкого бассейна.

На сегодняшний день площадь золоотвалов достигла 54 га, а объем заскладированных золошлаковых отходов (ЗШО) – около 7 млн м³.



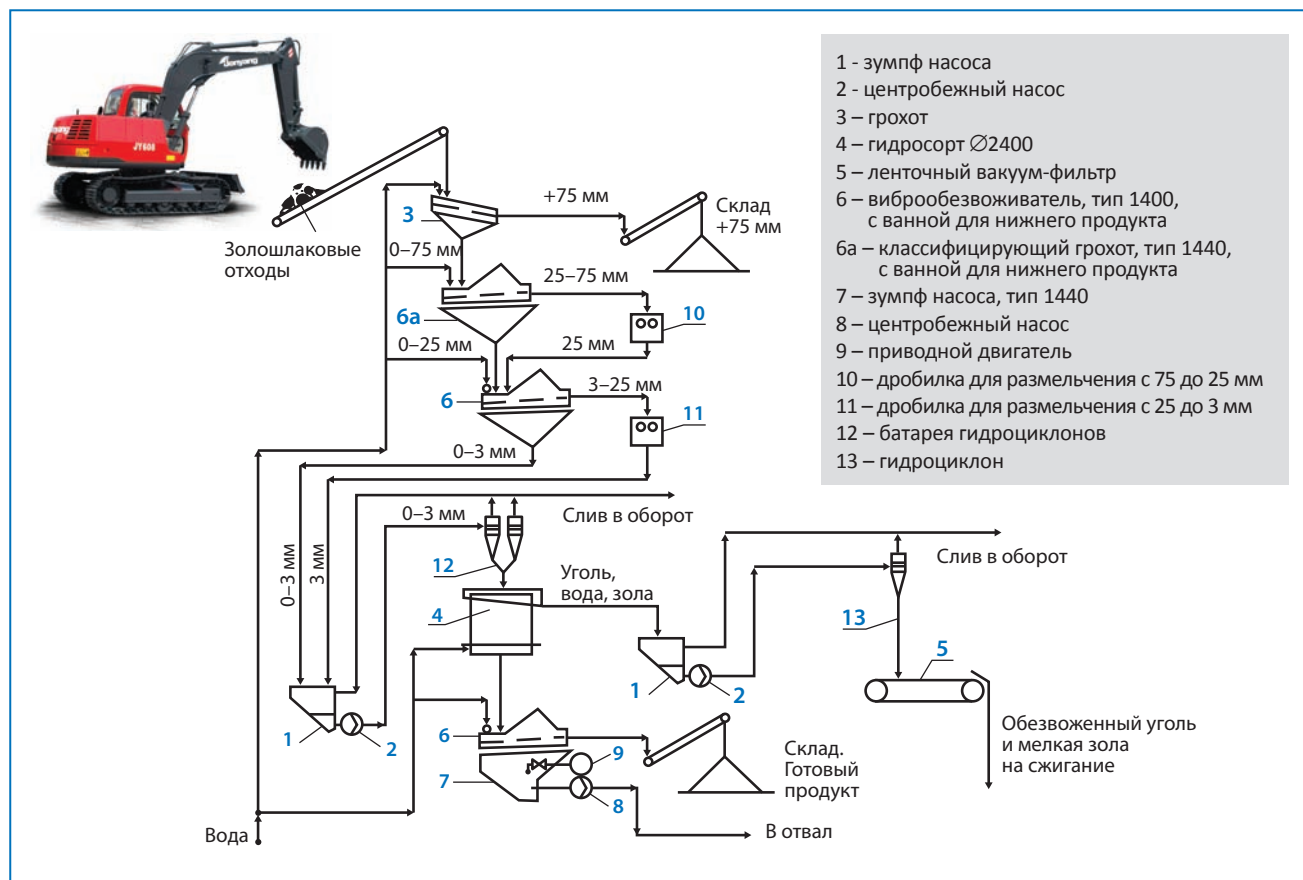


Рис. 1. Схема промышленной установки для утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ-22

фракция 3–8 мм – в производстве полого кирпича, фракции 8–16 и 16–32 мм – для сооружения фундаментов².

Содержание несгоревшего угля (недожога) в золе может достигать 25% и более, что делает его извлечение экономически выгодным. По опыту специалистов МАВ недожог сосредотачивается в основном во фракции 0–3 мм.

Принцип работы установки

Погрузчик извлекает золу из золоотвала и направляет ее на установку (рис. 1). Ленточный конвейер доставляет ЗШО на виброгрохот 3, где выделяется фракция крупнее 75 мм, направляемая на склад. На следующем

виброгрохоте 6а из подрешетной фракции 0–75 мм отсеивается фракция 25–75 мм, которая затем направляется в дробилку 12. Дробленый материал вместе с подрешетным продуктом грохота 6а поступает на виброгрохот 6, где происходит деление фракции 0–25 мм на надрешетную фракцию 3–25 мм, которая, в свою очередь, подвергается доизмельчению в дробилке 13, и подрешетную фракцию 0–3 мм. Разгрузка дробилки и подрешетный продукт грохота 6 поступают в зумпф 1, откуда центробежным насосом 2 перекачиваются на батарейные гидроциклоны 14.

Слив гидроциклонов, в значительной мере свободный от твердых частиц, поступает в водооборот и используется для нужд ТЭЦ и самой обогатительной установки.

Нижний продукт (пески) гидроциклонов служит питанием гидроклассификатора 4 (Гидросорт I). В данном аппарате происходит разделение частиц по плотности и по крупности за счет образования кипящего слоя в надрешетном пространстве с помощью потоков воды, подаваемой в нижнюю часть гидроклассификатора.

Наличие системы датчиков, отслеживающих высоту кипящего слоя, позволяет автоматически поддерживать крупность частиц, удаляемых в слив гидроклассификатора, и регулировать концентрацию и крупность частиц, разгружаемых с решетки

Обезвоженный уголь и мелкая зола направляются на сжигание.

² Что касается фракций, получаемых из золошлаковых отходов и используемых в строительстве и производстве стройматериалов, то в России они имеют значения, близкие к европейским, однако использование ЗШО у нас не превышает 10%.

через пневматически регулируемые задвижки. Слив гидроклассификатора, содержащий мелкие частицы угля и золы, из зумпфа подается насосом 2 на гидроциклон 15.

Нижний продукт гидроклассификатора (0–3 мм) представлен в основном зольными частицами. После удаления из него воды на виброобезвоживателе 6 и он направляется на склад. **Сгущенный продукт гидроциклона, содержащий углерод (недожог) и мелкие частицы золы, после фильтрации на ленточном вакуум-фильтре 5 готов для использования в качестве топлива на действующей ТЭЦ.**

Предполагается, что после полной отработки существующего золоотвала установка может быть размещена непосредственно на ТЭЦ, что

позволило бы существенно сэкономить электроэнергию, затрачиваемую для перекачки золы на большое расстояние до золоотвала, и вернуть воду в замкнутый контур.

Обогащение летучей золы

С целью получения из золы угольных теплоэлектростанций полезной промышленной продукции и прекращения образования золошлакоотвалов в ОИВТ РАН была выдвинута концепция 100%-ного использования золы уноса [1]. На основании результатов исследования процессов обогащения и переработки летучей золы ряда российских угольных ТЭС разработана технологическая схема, позволяющая в значительной мере

извлечь несгоревший уголь и железосодержащие частицы и получить алюмосиликатный продукт для производства ряда стройматериалов.

Принцип работы установки

Согласно схеме цепи аппаратов, позволяющей получить из летучей золы магнитный (Fe-содержащий), углеродный и алюмосиликатный продукт (рис. 2), зольная суспензия поступает в приемный чан 1 с мешалкой, предназначенный для сглаживания колебаний потока. Из чана через пульподелитель 2 зола подается на два параллельно (или последовательно) стоящих ленточных электродинамических сепаратора (ЭДС) 3 и 4. В одном из вращающихся барабанов сепараторов размещен вращающийся ротор из постоянных магнитов.

aqua THERM ST. PETERSBURG

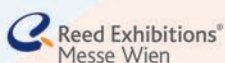
9–12 апреля 2014
Санкт-Петербург
Ленэкспо

Международная выставка
систем отопления, водоснабжения,
сантехники, кондиционирования,
вентиляции и оборудования
для бассейнов

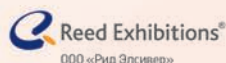
(812) 380 60 14
www.aquatherm-spb.com

Реклама

Создатели:



Организаторы:



0+

В токопроводящих частицах золы под воздействием вращающегося магнитного поля возникают вихревые токи, приводящие к образованию магнитных полей вокруг этих частиц. Взаимодействие индуцирующего и индуцируемых полей приводит к разделению железосодержащих частиц и частиц золы.

Опыты обогащения золы показали, что в ЭДС более эффективно выделяются мелкие слабомагнитные частицы, чем в магнитных сепараторах известных конструкций. Магнитная фракция с сепараторов

направляется на дренажный склад с дренажным насосом 7. Насос качает дренажные воды на сброс, а концентрат, содержащий 65–72% Fe_2O_3 , направляется потребителю, например для использования в качестве утяжелителя тяжелых суспензий при гравитационном обогащении минерального сырья, или может быть дополнительно обработан с получением специальных продуктов, например магнитных шариков [2].

Немагнитная фракция, содержащая алюмосиликаты и частицы углерода, направляется в контакт-

ный чан 5, где происходит обработка суспензии реагентами (собирателем и вспенивателем), подаваемыми через питатель 6. Из чана 5 пульпа поступает во флотационную машину 8, где в пену выделяется так называемый черновой углеродный концентрат, поступающий затем во флотационную машину 9, в которой осуществляется операция перечистки. Камерный продукт из флотомашин возвращается в голову основной флотации. Полученный углеродный концентрат, содержащий 68–80% углерода (зольность 20–32%), может быть использован в качестве дополнительного топлива к поступающему на ТЭЦ углю [3].

Камерный (алюмосиликатный) продукт флотомашин 8 насосом 11 перекачивается на обезвоживание, затем в хранилища и далее используется по разным направлениям. Содержание углерода в алюмосиликатном продукте в среднем составляет 2–4%, а Fe_2O_3 – 3–4%. В случае дополнительных требований к его качеству содержание углерода можно снизить до 0,5–0,6%.

Применение полученных продуктов

Очищенный от примесей углерода и железа алюмосиликатный продукт может быть использован в качестве высококачественного компонента бетонных смесей, при производстве глинозольного кирпича и других строительных материалов и изделий.

Одним из новых перспективных направлений его использования является получение на его основе сверхлегкого пористого стеклокристаллического материала – пенозола. Кроме того, он может быть использован в качестве сырья для глубокой переработки на глинозем и белитовый шлам, при производстве керамических изделий и др.

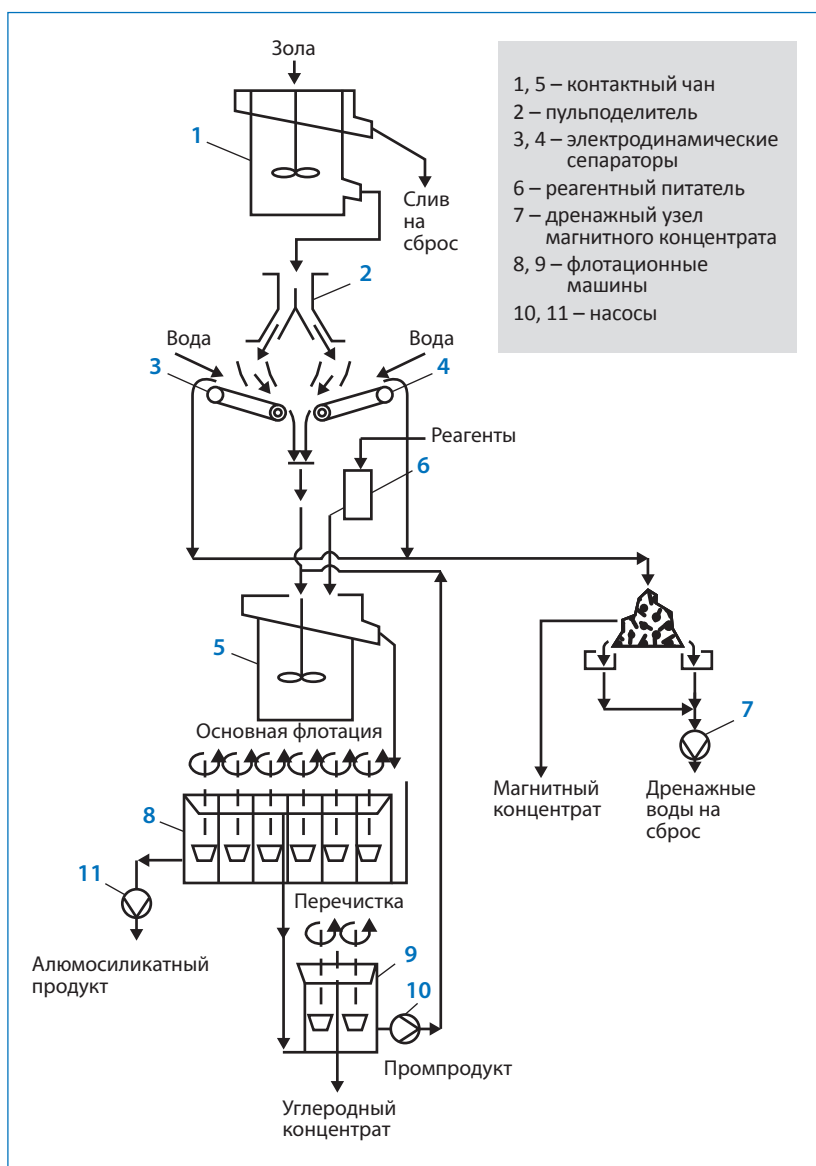


Рис. 2. Схема цепи аппаратов для технологии получения магнитного (Fe-содержащего), углеродного и алюмосиликатного продукта из золы уноса

Представленные в статье технологии и установки могут дополнять друг друга.

Установка МАВ предназначена для обработки заскладрованных на золоотвалах и текущих золошлаковых отходов, представленных частицами широкого диапазона крупности. При прохождении ЗШО через цепь аппаратов (рис. 1) могут быть получены следующие компоненты: крупная фракция (более 75 мм) для дорожного строительства; зольный продукт крупностью 0–3 мм для использования в гражданском строительстве; обезвоженный мелкий уголь с частично присутствующей мелкой золой, который может быть использован в качестве дополнительного топлива на ТЭЦ.

Предлагаемая технология позволяет существенно снизить расход воды и тем самым расход электроэнергии на перекачку зольной пульпы в золоотвал.

Установка ОИВТ РАН предназначена для обогащения мелких фракций золы (менее 250 мкм), которые в основном представлены летучей золой, поступающей вместе с котельной золой в золоотвал.

Технология позволяет эффективно извлечь негоревший уголь с получением дополнительного топлива для ТЭЦ и железосодержащие минералы с получением магнитных продуктов, востребованных рынком. Эта установка может дополнить схему, предложенную фирмой МАВ, с целью извлечения железосодержащих минералов, углерода из фракции 0–3 мм и получения чистого алюмосиликатного продукта для дальнейшего использования в производстве компонента строительных материалов либо использования в качестве сырья для термохимической переработки на белитовый шлам и глинозем.

Технология ОИВТ РАН может быть использована также для обогащения непосредственно летучей золы, поступающей из электрофильтров.

Очищенный от углерода и железосодержащих минералов алюмосиликатный продукт имеет высокое качество, удовлетворяет требованиям ГОСТ 25818–91 к золе-уноса и может применяться в следующих сферах: добавка минерального порошка: в асфальтобетон, битумные гидроизоляционные изделия, строительные растворы и бетоны; минеральная добавка в другие вяжущие: ГЦПВ, цуцолановые и др.; компонент высокоэффективных цементов типа ВНВ, сырья для легких эффективных поробетонных изделий: стеновых с плотностью 700–900 кг/м³, теплозвукоизоляционных; минеральная добавка в керамические материалы; наполнитель и добавки в шпаклевочные и грунтовочные смеси, красочные составы, гидроизоляционные и проклеивающие мастики и клеи, полимерные материалы, резинотехнические изделия.

Одним из перспективных новых направлений использования алюмосиликатного продукта может стать изготовление на его основе недавно полученного в ОИВТ РАН пористого (с замкнутыми порами) материала с плотностью 0,2–0,3 кг/м³.

Внедрение ресурсосберегающей технологии полной утилизации золошлаковых отходов ТЭЦ-22 должно осуществляться в два этапа.

Первый этап – создание опытно-промышленной установки производительностью 1,2–1,5 т/ч (5–6 тыс. т в год) по сухому на входе в технологическую линию с целью отработки технологических параметров процесса.

На втором этапе должно быть создано промышленное предприятие, перерабатывающее 100 тыс. т золы в год. По экспертной оценке, из 100 тыс. т летучей золы может быть получено 18–19 тыс. т углеродного концентрата, 8–9 тыс. т магнитного (Fe) концентрата и 72–74 тыс. т высококачественного алюмосиликатного продукта.

В связи с существующей острой проблемой переполнения действующих золошлакоотвалов и дефицитом свободных земельных отводов для строительства новых золонакопителей предложенная технология может быть тиражирована на многих угольных ТЭС Центрального региона РФ: Каширской, Рязанской, Шатурской, Черепетской и др.

Литература:

1. Делицын Л. М., Власов А. С. Необходимость новых подходов к использованию золы угольных ТЭС // Теплоэнергетика. – 2010. – № 4.
2. Рябов Ю. В., Делицын Л. М., Власов А. С., Голубев Ю. Н. Получение магнитных продуктов из золы уноса Каширской ГРЭС // Обогащение руд. – 2013. – № 6.
3. Рябов Ю. В., Делицын Л. М., Власов А. С., Бородина Т. И. Флотация углерода из золы уноса Каширской ГРЭС // Обогащение руд. – 2013. – № 4. ■

