

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГЛЕДОБЫЧИ И УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ

Е. С. Задавина, Ю. А. Рязанова, А. В. Папин, А. Ю. Игнатова

Деятельность практически любого производства сопровождается образованием неликвидной продукции. Ввиду этого возникает необходимость в её утилизации или переработке. Отходы предприятий, занятых в обогащении, транспортировке и переработке угля, могут стать отличной основой для производства композиционных видов топлив. В данной статье описаны альтернативные виды композиционных топлив на основе углеродсодержащих тонкодисперсных отходов, их отличительные особенности.

Работа газопылеочистных установок требует наличия специального оборудования, которое снижает количество пылевых выбросов. Это необходимо для снижения как техногенного воздействия на окружающую среду, так и потерь полезного продукта при технологических операциях. В статье описаны некоторые методы по снижению газопылевых выбросов в атмосферу, оборудование и получаемые при этом продукты. Описано несколько методов сушки готового продукта, благодаря чему в разы возрастает стоимость продукта. Например, технология – короткоциклового наносушки «Кронос» или с применением гилбербар-фильтров с подачей пара «Hi-Vap».

В статье описаны и технологии очистки оборотной воды после флотации твёрдых полезных ископаемых.

Возможность экономии ресурсов, создания нового продукта на основе отработанного сырья являются весьма привлекательными аспектами.

Ключевые слова: угольный шлам, обогащение, отвалы, хвостохранилища, пыль, шламовые воды, сушка, водоугольное топливо, оборотная вода, рекультивация, пылеуловители, аэроагломерация.

Деятельность практически любого промышленного предприятия сопровождается образованием отходов различного класса опасности. Некоторые из них могут использоваться в дальнейшем в исходном виде, другие – после каких-либо манипуляций по улучшению их качества – регенерацией. Отходы чаще становятся балластом, от которого предприятие периодически избавляется, отправляя в специальные полигоны и хранилища.

Так, например, основными видами отходов на углеобогащительных фабриках являются оборотные шламовые воды, газопылевые выбросы, угольные шламы, пыль.

В литературе описано множество способов очистки и осветления оборотных вод от тонкодисперсных взвесей и примесей. Например, предлагается схема комплексной переработки шламовых вод, которая позволит обогащательной фабрике иметь достаточное количество технической воды необходимого качества при сведении до минимума использования наружных источников и предотвращения сброса промышленных стоков за пределы фабрики. Реализация такой

схемы позволяет провести помимо комплексной утилизации шламовых вод с получением ряда товарной продукции ещё и получение тепловой энергии, которая может быть использована для нужд углеобогащительной фабрики [1].

Флотация является одним из широко распространённых методов обогащения угля, в т. ч. и частиц низкого фракционного состава. Одним из эффективных способов интенсификации данного процесса является подготовка пульпы методом масляной аэроагломерации (МАО) угольных частиц. Методом предусматривается введение в пульпу предварительно омасленных пузырьков воздуха.

За счет гидрофобной агрегации мельчайших частиц угля масляными реагентами метод обеспечивает снижение их количества в шламовой воде (питании флотации). В качестве реагентов-собирателей используется термогазойль, керосин и др. С целью снижения их стоимости, в состав собирателей включают отработанные минеральные масла [2, 3]. Авторами описывается новый комплексный реагент-собиратель на основе регенерированных нефтепродуктов. Реагент

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГЛЕДОБЫЧИ И УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ

представляет собой смесь, основным компонентом которой могут являться минеральные масла, активирующие добавки для увеличения флотоактивности реагента, керосиногазойлевые фракции переработки нефти, присадки для понижения вязкости и температуры замерзания реагента. Применение такого комплексного собирателя позволило улучшить показатели процесса флотации шламов и снизить затраты на реагенты на 20–25 % [4].

Отвалы, шламо- и хвостохранилища занимают обширные территории, выводят земли из хозяйственного пользования, являются причиной пылевого загрязнения водного и воздушного бассейнов, почвенного покрова, могут самовозгораться и выделять вредные дымовые газы. Для уменьшения площадей земли, отчуждаемых под отвалы и хвостохранилища, применяются различные схемы обработки отходов обогащения.

Наиболее перспективной является схема со сгущением отходов флотации и их смешиванием с отходами тяжелосредних сепараторов и отсадочных машин. Сфлокулированные отходы флотации осаждаются в сгустителе с осадкоуплотнителем, осадок уплотняется (до содержания твердого 700–800 г/л), а затем в смесителе смешивается с крупнозернистой породой в соотношении 1:4 (по массе). Если полученная смесь оказывается недостаточно обезвоженной, то необходимо или дробить крупную породу, или добавлять в смесь негашеную известь [5].

Подготовленная таким образом смесь отходов вполне пригодна для транспортирования ее в плоские отвалы, отработанные карьеры и другие неиспользуемые территории. Перспектива возможного использования засыпных площадей после покрытия их слоем чернозёма и рекультивации делает технологию весьма привлекательной.

Добавка осадка фильтр-прессов к промпродукту, рядовому углю может быть использована для сжигания в стационарных котельных установках, слоевого сжигания в отопительных печах объектов социально-бытового назначения.

Отходы углеобогащения так же могут быть использованы для получения на их основе композиционных видов топлива [6–8]. Например, из угольного шлама можно получить водоугольное топливо (ВУТ). Технология его приготовления следующая: исходный шлам загружается в смеситель с одновременной подачей в него раствора-реагента классификатора. После перемешивания полученная смесь через фильтр грубой очистки разгружается в зумпф и далее насосом пода-

ется в вибромельницу. Сжигание топлива осуществляется в котельной установке с котлом адиабатической вихревой камерой сгорания [9].

Технология селективной флокуляции угольных шламов масляными реагентами позволяет сократить потери угля с отходами и повысить эффективность обезвоживания шламов. В качестве флокулянта при обогащении угля могут быть использованы масло для омасливания шихты (МОШ), каменноугольные смолы, антраценовые фракции, полимер бензольного отделения коксохимического производства. Шламовые воды фабрики поступают в радиальный сгуститель, где происходит процесс осветления водной фазы и сгущение осадка без добавления флокулянта. Осадок насосом направляется на селективную флокуляцию. В исходную пульпу с помощью насосов-дозаторов вводятся флокулянт и регулятор среды. Продукт масляной флокуляции обезвоживается на центрифуге. Отходы (фугат) собираются в радиальный сгуститель, а концентрат (кек) смешивается с отсевом. Сгущенные отходы насосом подаются для окончательного обезвоживания в блок фильтр-прессов, после этого вывозятся в отвал.

Технология характеризуется высокой селективностью разделения и низкими расходами флокулянта-масла (0,5–2 %). Она также способствует повышению эффективности обезвоживания полученного концентрата.

Глубокая очистка оборотной воды от флокулянтов и флотореагентов при необходимости сброса ее в природные водоемы может производиться сорбционным методом с помощью гранулированного активированного угля. Этот метод позволяет на стадии доочистки снизить концентрацию органических соединений на 90–99 %.

Для лучшего обезвоживания шламов можно использовать термомеханическую технологию наносушки системы NDT. В ее основе лежит использование молекулярных сит, которые представляют собой наноэлементы (шарики, гранулы). Они впитывают в себя излишки влаги из частиц мелкого угля. Сита способны впитывать до 42 % влаги по отношению к собственному весу и могут быть повторно использованы после регенерации (удаления из них влаги путем нагревания). Молекулярные сита состоят из силиката алюминия, пористого древесного угля, глины, активного углерода, цеолитов или синтетических составов.

Компанией «Коралайна Инжиниринг» создана новая технология – короткоцикловая

наносушка «Кронос». Новые решения позволили уменьшить время циклов осушения и регенерации сорбента. А используемый сорбент превосходит своими характеристиками большинство известных. При контакте гранул сорбента с влажным углем смесь нагревается до температуры не выше 100 °С, по причине экзотермической реакции поглощения влаги сорбентами.

Для обезвоживания флотоконцентрата без термической сушки рекомендуется применение гипербар-фильтров с подачей пара «Hi-Bar». Проект основывается на применении вращательного дискового фильтра (Гипербар-фильтра), который устанавливается внутри емкости под давлением, заполняемой сжатым воздухом. При избыточном (до 6 бар) давлении осуществляется фильтрация и обезвоживание осадка, что приводит к получению обезвоженного осадка с влажностью 8–10 % [10].

После обогащения твёрдых полезных ископаемых методом флотации, как правило, необходимо провести их обезвоживание. Это позволяет повысить качество концентрата, увеличить теплоту сгорания.

Существуют различные методы, отличные друг от друга по технологическому исполнению и аппаратному оформлению. Например, один из методов предполагает сушку в топочном устройстве. Продукт с содержанием твёрдого вещества 500–800 кг/м³, полученный после операции сгущения отходов в радиальных сгустителях, гидроциклонах и другом аналогичном оборудовании (сгущенные отходы флотации), подаются в зону разгрузки топочного устройства. Необходимо обеспечить распределение осушаемого материала равномерным слоем по всей ширине решетки на поверхность шлака, который имеет температуру 600 °С. Отходы флотации перемешиваются со шлаком при транспортировании внутри топочного устройства с температурой 800 °С. При этом происходит термическая обработка отходов флотации или их дополнительное обезвоживание за счет впитывания части влаги в шлак, а также испарения её из отходов. Затем смесь разгружается в бункер, а оттуда поступает на перемешивание с дроблеными до 10 мм отходами обогащения крупного угля. Это позволяет вести формирование отвала с запасом прочности за счет аутогезионных связей частиц смеси и образования каркаса мелких фракций отходов и шлака, обладающих различными физико-механическими свойствами. Отвал, образованный «союзом» крупных и

мелких частиц, становится более устойчивым к оползневым явлениям [11].

В последнее время всё обширнее стали внедряться и распространяться на предприятиях безотходные или малоотходные технологии. В связи с этим, на углеобогащительных фабриках мелкие фракции угля для увеличения их ценности и предотвращения потери в отходах углеобогащения могут быть обогащены специальными методами и вовлечены в технологический процесс снова. Так, например, известен способ обогащения угольных шламов в баке-смесителе с последующей грануляцией и сушкой гранулята.

Водоугольная суспензия приготавливается в баке-смесителе в соотношении 40:60 (твёрдая фаза и жидкость соответственно) и подается в верхнюю часть гидроклассификатора. По мере попадания твердых частиц в восходящий поток воды происходит их разделение. Более легкие (тонкодисперсные) частицы концентрируются в верхней части аппарата, а тяжелые (крупные) частицы – в нижней части. Вновь поступающие порции исходного материала вытесняют легкую и мелкую фракции в сгуститель. Крупные частицы удаляются через специальную разгрузочную арматуру в нижней части гидроклассификатора.

Обезвоживание обогащенной зернистой угольной части происходит на центрифуге. После этого концентрат перемешивается со связующим в смесителе. Затем угольный концентрат подвергается гранулированию в грануляторе и далее, через сушилку, в сборник гранулята.

В результате проведенного процесса угольные шламы гидроотвалов, содержащие ценные марки зернистых коксующихся углей, отделяются от минеральной составляющей до зольности, допустимой современными технологическими нормативами. Выходящую из гидроклассификатора угольно-глинистую суспензию подают в нижнюю часть сгустителя под слой полифункционального материала, выполняя роль, как бы паутины. В результате породная составляющая отделяется от воды, а вода дренируется через слой полифункционального материала наверх к сливу [12].

Основные мероприятия по борьбе с пылью: аспирация очагов пылевыведения с очисткой воздуха от пыли и промышленная вентиляция; герметизация технологического оборудования и укрытие очагов пылевыведения; пневматическая и гидравлическая уборка пыли, пылеулавливающее оборудование. Пылеулавливание может осуществляться в

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГЛЕДОБЫЧИ И УГЛЕПЕРЕРАБОТКИ

1–3 стадии. Оно может быть сухим или мокрым.

Примером усовершенствованной конструкции аспирационной системы может служить пылеулавливающий аппарат ПР-ТАЙРА-5000. Он подразумевает рециркуляцию очищенного воздуха и предназначен для «мокрой» очистки воздуха от угольной пыли. Устанавливается непосредственно на укрытиях в местах перегрузки и пересыпа, а также для локального обеспыливания узлов с интенсивным выделением пыли. Применение этого аппарата обеспечивает очистку воздуха от пыли в местах ее выделения и позволяет не только уменьшить количество воздухоподов аспирационной системы, но и сделать рециркуляцию воздуха более интенсивной [13].

Также известны пылеуловители мокрые ПМ-Тайра-20000, предназначенные для глубокой (окончательной) очистки запыленного воздуха перед непосредственным выбросом в атмосферу.

В вихревых пылеуловителях очистка газопылевого потока построена на взаимодействии восходящего и нисходящего потоков запыленного воздуха. Потоки подаются одновременно, поступательно навстречу друг другу, но направлены в одну сторону. В результате, под действием силы тяжести и постепенным увеличением скорости нисходящего периферийного потока, происходит очистка от пыли и очищенный восходящий поток покидает аппарат [14].

Система аспирации с вихревым пылеуловителем представляет собой двухступенчатую систему газопылеочистки, в которой первой ступенью очистки газозапыленной смеси служит вихревой пылеуловитель, работающий по принципу встречно-закрученных потоков (ВЗП), а второй – каркасный фильтр [15].

В качестве аппаратов для улавливания пыли могут применяться циклоны (преимущественно для мелкой пыли) или батарейные, состоящие из большого количества (до нескольких сотен) циклонов небольшого размера циклоны, где происходит улавливание пыли крупностью до 5 мкм. В рукавных фильтрах эффективность составляет до 99 %. Они способны улавливать пыль крупностью менее 10 мкм. Пылеосадительные камеры не получили широкого распространения вследствие своей громоздкости. Электрофильтры предназначены для улавливания пыли крупностью до 0,1 мм. Эффективность улавливания пыли до 99 %. Центробежный скруббер для мокрого пылеулавливания предназначен для уда-

ления пыли до 0,3 мкм, эффективность пылеулавливания – до 80 %. В мокром (барботажном) пылеуловителе эффективность пылеулавливания невысока (50–60 %). Более эффективным устройством является пенный пылеуловитель, эффективность которого достигает 99 %. В мокрых пылеуловителях, использующих принцип Вентури, когда твердые частицы адсорбируются на поверхности мельчайших капелек воды, образующихся на выходе трубы-распылителя при подаче в нее запыленного воздуха со скоростью 40–150 м/с и орошающей жидкости. «Грязная» вода улавливается в брызгоуловителе и сливается в приемный бак. Эффективность пылеулавливания – до 99 %.

Таким образом, существуют различные способы, методы и аппаратура для очистки газопылевых выбросов, а также использования образующихся тонкодисперсных частиц в дальнейшем. Использование данных аппаратов и методов позволит решить проблему охраны окружающей среды на предприятиях углепереработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодов, Г. А. Технология комплексной переработки шламовых вод предприятий угольной отрасли / Г. А. Солодов, Е. В. Жбырь, А. В. Папин, А. В. Неведров // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – с. 139–144.
2. Папин, А. В. Получение топливных брикетов из тонкодисперсных отходов угледобычи и углепереработки / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, А. В. Неведров, Т. Г. Черкасова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 5. – с. 43–49.
3. Кононова, А. С. Разработка нового вида жидкого топлива из отходов пиролиза автошин / А. С. Кононова // Тезисы работ участников Международного конкурса научно-исследовательских проектов молодых учёных и студентов EURASIA GREEN. – 2016. – с. 21–22.
4. Вахонина, Т. Е. Перспективы использования отработанных минеральных масел для производства флотореагентов / Т. Е. Вахонина, М. С. Клейн // Современные тенденции и инновации в науке и производстве. Материалы IV международной научно-практической конференции. – 2015. – с. 112–113.
5. Рекультивация земель, занятых отходами углеобогащения. Информационный портал «Путеводитель в мире угольной промышленности». – Режим доступа: <http://coalguide.ru/otkhody-ugleobogatitelnykh-fabrik/847-rekultivatsiya-zemel-zanyatykh-otkhodami-ugleobogashcheniya/>. – [07.10.2017].
6. Торопова, Н. В. Углекоксовый концентрат как основа для твердотопливных брикетов / Н. В. Торопова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016. Материалы

XVI Международной научно-практической конференции. – 2016.

7. Солодов, В. С. Технологический процесс утилизации коксовой пыли с получением низкотеплотных высококалорийных брикетов / В. С. Солодов // «Современные проблемы производства кокса и переработки продуктов коксования». Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – 2014. – с. 11.

8. Кононова, А. С. Низкокачественный углеродсодержащий остаток пиролиза автошин как ценное вторичное сырьё / А. С. Кононова // Сборник материалов IX Всерос. научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая». – 2017.

9. Popov, V. Composite fuel based on residue from tyre and secondary polymer pyrolysis / V. Popov, A. Papin, A. Ignatova, A. Makarovskikh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 20. Сер. «XX International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on «Problems of Geology and Subsurface Development». – 2016.

10. Антипенко, Л. А. Новые подходы к созданию углеобогащительных фабрик / Л. А. Антипенко // Уголь. – № 6. – 2017. – с. 68–72.

11. Бедрань, Н. Г. Пат. СССР № 1318548 Способ обезвоживания отходов флотации углеобогащительной фабрики / Н. Г. Бедрань, С. Б. Этштейн, В. И. Кривощёков, Ю. С. Этштейн. Заявл. 06.06.1984, опубл. 23.06.1987.

12. Потапов, В. П. Пат. РФ № 2297284 Способ обогащения угольных шламов / В. П. Потапов, Е. Л. Счастливцев, Г. А. Мандров // Институт угля и углехимии Сибирского отделения Российской Академии Наук (ИУУ СО РАН). Заявл. 11.05.2005, опубл. 20.04.2007.

13. Голев, А. Л. К вопросу пылеулавливания на углеобогащительных фабриках / А. Л. Голев // Сборник материалов IX Всерос. научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая». – 2017. – С. 0109002-1 – 0109002-3.

14. Ганчуков, В. И. Пат. РФ № 2489194 Вихревые пылеуловители / В. И. Ганчуков // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВПО «КубГТУ»). Заявл. 28.05.2012, опубл. 10.08.2013.

15. Кочетов, О. С. Пат. РФ № 2416456 Система аспирации с аппаратом типа взп / О. С. Кочетов. Заявл. 30.12.2008, опубл. 20.04.2011.

Задавина Елена Сергеевна, студент 2 курса магистратуры, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва, Zlobina94@mail.ru, 8-951-171-97-51;

Рязанова Юлия Александровна, студент 2 курса магистратуры, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва, julkapesternikova@mail.ru, 8-951-169-83-65;

Папин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, rapinandrey@rambler.ru, 8-913-430-80-29;

Игнатова Алла Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент, allaignatova@rambler.ru, 8-903-071-50-36.