

Ю.Н. ФИЛИППЕНКО, П.Т. СКЛЯР, Е.В. ХАРЛОВА, кандидати техн. наук,
О.В. МОИСЕЕНКО
(Украина, Луганск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

ПРОЦЕССЫ АГЛОМЕРАЦИИ, ОКУСКОВАНИЯ, БРИКЕТИРОВАНИЯ И ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Уголь в Украине является основным источником сырьевых ресурсов для теплоэнергетики и коксохимической промышленности. В мировом балансе энергоносителей уголь занимает второе место (24%) после нефти (39%). До 40% электроэнергии вырабатывается из угля. По прогнозам, выполненным Международными авторитетными организациями по энергетике, на протяжении, по крайней мере, 20-30 лет потребление угля будет возрастать в среднем на 1,4-1,6% в год, несколько уступая нефти 1,7% и природному газу 2,7-2,8%.

В последнее время добыча угля в Украине стабилизировалась на уровне 70,6-80 млн тонн в год при его зольности около 38,9%.

Добываемый шахтами уголь такой зольности не отвечает требованиям потребителей, в связи с чем его необходимо обогащать.

Углеобогащительные фабрики специализированы по маркам и назначению перерабатываемого сырья и, соответственно, различаются по применяемой технологии.

Технологии обогащения угля, применяемые на фабриках:

- обогащение коксующегося и энергетического угля всех классов крупности;
- обогащение энергетического угля и антрацита крупностью более 0,5 мм, высокозольный шлам крупностью 0-0,5 мм сбрасывают в отстойники без обогащения;
- обогащение энергетического угля и антрацита крупностью более 6 или 13 мм.

Основные методы обогащения:

- отсадка 65,4%;
- тяжелые среды 22,0%;
- флотация 10,8%;
- гидроциклоны 0,8%.

Винтовые сепараторы применяются в схемах для обогащения крупнозернистого шлама и содержимого отстойников или илонакопителей.

В мировой практике переработки минеральных полезных ископаемых существуют различные эффективные методы, позволяющие использовать угольную мелочь и угольный шлам в качестве топлива. Некоторые из них это процессы окучкования угольной мелочи – агломерация, окомкование и брикетирование.

Процесс *агломерации* или спекания осуществляется во вращающихся и

Загальні питання технології збагачення

шахтних печах, во взвешенном и плотном фильтруемом слое [1, 2].

Широкое промышленное применение получил способ спекания шихты с твёрдым топливом в плотном фильтруемом слое. Уголь, как твердое топливо, применяется для агломерации железной руды. Агломерация с прососом воздуха через слой шихты, содержащей твёрдое топливо, начинается с разогрева (зажигание) верхней части слоя. Зажигание производится сверху горячими дымовыми газами зажигательного горна, которые просасываются через слой под влиянием разрежения, создаваемого под колосниковой решеткой. После завершения зажигания зона горения твёрдого топлива в слое шихты постепенно перемещается к колосниковой решетке, по достижении которой процесс заканчивается, и получившийся спек – агломерат выгружается из агломерационной машины. Процесс горения углерода в зоне агломерационной шихты является основным фактором агломерационного процесса. Необходимое количество топлива в шихте при спекании составляет 3-7% по весу или 7-12% по объёму. В качестве топлива используется коксовая мелочь или антрацит крупностью 0-3 мм. При агломерации в зоне интенсивного нагрева проходят процессы разложения гидратов, окисления, диссоциации и восстановления окислов. Например, проходит процесс диссоциации пирита – при температуре до 5650 °С пирит теряет половину серы.

В США компания Шелл применяет масляную агломерацию для спекания некондиционной угольной мелочи с целью получения товарной угольной продукции. Этот метод по причине его дороговизны не нашёл широкого применения.

Окомкование (гранулирование) – это процесс окускования тонкоизмельчённых материалов, основанный на способности их при перекачивании образовывать гранулы сферической формы (окатыши) без применения давления. Процесс образования окатышей связан с действием физических и физико-химических сил. Наиболее важными свойствами исходных материалов при гранулировании [3] являются влажность (8 до 20% в зависимости от типа руды), крупность измельчения (0,044-0,074 мм) и добавки связующих веществ. Наиболее распространённая связующая добавка – бентонит (особый тип глины, состоящей в основном из минералов группы монтмориллонита). Прочность окатышей повышают добавки сухого бентонита в количестве 0,5-0,7%, кроме своего прямого назначения бентонит способен поглощать избыток воды в 5 раз превышающий его собственный вес. В качестве более дешёвого связующего в США применяется сухой торф, обработанный водным раствором едкого натра. Железорудные окатыши просушивают и обжигают в специальных печах. Известны способы получения окатышей без упрочняющего обжига с применением в качестве связующих цемента, извести-пушонки, бентонита, чугуновой стружки, пека, газовых углей. Исследованиями ГП "Укрнииуглеобогащение" установлено, что породы, сопутствующие газовым углям отличаются максимальным содержанием минералов группы монтмориллонита. Полученные на окомкователе окатыши просушиваются тёплым воздухом при температуре 100-1050 °С в шахтной сушилке. После этого они обрабатываются 90 минут в

карбонизационной камере током дымовых газов (40-600 °С), содержащих около 20% углекислоты.

В США, Австралии и Бельгии запатентован способ карбонизации окатышей добавкой к ним 7% обожженной или гашеной извести и 0,2% хлористого кальция. Для ускорения процесса карбонизации в шихту вводят катализаторы – отходы сахарного производства и хлориды щелочноземельных металлов.

В Польше сотрудниками технического университета г. Краков проведены исследования по разработке технологии гранулирования угольных илов с древесными опилками, отходами табачной промышленности и другими отходами растительного и животного происхождения с получением альтернативного топлива [4]. Оптимальный состав смеси – 80-70% угольных илов и 20-30% отходов растительного происхождения, при гранулировании такой смеси образуются прочные гранулы крупностью 5-7 мм, зольность 50,2%, теплотворная способность 7574,4 кДж/кг.

Брикетование – механический процесс превращения мелкозернистых материалов прессованием в крупнокусковые продукты, при котором изменяется не химический состав, а лишь крупность кусков и зависящие от неё свойства материала. В зависимости от способа связывания частиц в брикет различают брикетирование без связующих и с добавлением связующих веществ. Связующие вещества бывают неорганические и органические. К неорганическим относятся: известь, глина, гипс, цемент, магнезит, трепел, щелочи, фосфаты натрия и кальция, гранулированный доменный шлак, чугунная стружка и т.д. Применяют эти вещества как в отдельности, так и в смеси. К органическим связующим веществам относятся: коксующийся уголь, пек, гудрон, смолы и различные отходы целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, например, сульфитный щелок, меласса и др.

Качество брикетов оценивается механической прочностью, атмосферной устойчивостью, водоустойчивостью, термоустойчивостью и газопроницаемостью [5].

Механическая прочность характеризует способность брикетов выдерживать внешние механические воздействия без разрушения и определяется временным сопротивлением брикетов сжатию, изгибу, истиранию и сбрасыванию.

Атмосфероустойчивость – способность брикета не разрушаться под воздействием влажности воздуха и температурных колебаний. *Водоустойчивость* – способность брикетов не разрушаться под воздействием воды. Атмосферо- и водоустойчивость брикетов оцениваются остаточной механической прочностью. *Термоустойчивость* – способность брикетов не разрушаться в печи под определённым давлением. Газопроницаемость измеряется объёмом газа, проходящего через единицу площади поверхности брикета в единицу времени.

Для брикетирования полезных ископаемых применяют штемпельные, вальцовые, кольцевые и револьверные прессы.

Вопросами брикетирования каменных и бурых углей ГП "Укрниуглеобогашение" занимается более 30 лет.

Институтом выполнены исследования и разработана технология брикети-

Загальні питання технології збагачення

рования:

- антрацитовых штыбов и шламов зольностью до 35% с различными связующими;
- труднобрикетируемых бурых углей с компонентами, улучшающими их брикетируемость;
- смеси бурых углей с антрацитовыми штыбами, шламами и углями марки "Г" с использованием различных связующих.

1. Проведены опыты по лабораторному брикетированию бурых углей с различными добавками без связующих на гидравлических прессах ДБ-2426А (давление прессования – 100 мПА – 1000 кг/см², температура 40-50 °С) и промышленные испытания (в 1991 г.) на брикетной фабрике "Юрковская" на двухштемпельных прессах фирмы "Цемаг-Цайтц" (максимальное давление прессования 100 мПА – 1000 кг/см²).

2. Лабораторные опыты по брикетированию каменных углей с применением связующих веществ проводились на 10-ти тонном гидравлическом прессе при давлении 170-180 кг/см², температура шихты 78-80 °С.

Лабораторные исследования показали, что брикеты из трехкомпонентных шихт состава *бурый уголь – лигнин – каменный уголь* при участии каменного угля в шихте в пределах 25-15% практически соответствуют прочности бурого угольных брикетов. При этом достигается повышение теплоты сгорания брикетов и снижение содержания в них серы (за счёт добавок лигнина и бурого угля).

Брикеты состава каменный уголь-лигнин (1:3) в два раза прочнее брикетов состава бурый уголь – каменный уголь

3. В промышленных условиях были изготовлены брикеты следующего состава:

- торфобуроугольные (ТБ) – 10% торфа, 90% бурого угля;
зольность 22,5%,
сера 3,58%,
механическая прочность 70,1%,
влагопоглощение 4,78%
- торфо-буроугольно-лигнинные (ТБЛ) – 10% торфа, 20% лигнина, 70% бурого угля;
зольность 21,4%,
сера 3,54%,
мехпрочность 83,4%,
влагопоглощение 2,98%
- торфо-буро-лиггино-каменноугольные (ТБЛК) – 10% торфа, 25% лигнина, 15% каменного угля, 50% бурого угля.
зольность 22,0%,
сера 3,42%,
мехпрочность 79,7%,
влагопоглощение 3,27%.

Для исследований использовались Павлоградские каменные угли марки Г, зольностью 20%.

Самые качественные брикеты торфо-буроугольно-лигнинные, атмосферостойкие, прочные, с высокой теплотой сгорания – более 7000 ккал/кг.

4. Проводились исследования по брикетированию антрацитов.

Состав шихты:

- антрацитовый штыб 30%, (зольность 30-31%);
- антрацитовый шлам 12%, (зольность 38-42%);
- концентрат марки Г 50% (зольность 15%);
- нефтяное связующее (битум) 8%.

В результате исследований установлена возможность получения брикетов зольностью 21-24%, прочностью на истирание – 75-80%, на сжатие 35-80%.

Нефтяное связующее можно заменить более дешевой мелассой (отход сахарного производства с гидролизных заводов) или лигнином.

Угольные брикеты широко применяются в ряде стран, в том числе в Турции. Сотрудниками института был проведен сравнительный анализ брикетов отечественного производства и Турецких.

Отечественные брикеты менее зольные (8-10%, против 19-51%), более прочные и водостойкие.

В настоящее время в ГП "Укрниуглеобогащение" проводятся исследования по получению *топливных смесей* из углей различных марок для теплоэнергетики с целью расширения области применения бедных углей низкой стадии метаморфизма и угольных шламов, отсевов угля и угольной пыли. Получение топливных смесей – это новое направление процесса переработки угля и, по нашему мнению, перспективное.

Действующий в Украине стандарт ДСТУ 4083-2002 "Вугілля кам'яне та антрацит для пиловидного спалювання на теплових електростанціях" распространяется на каменный уголь, антрацит и продукты их переработки, которые поставляются для пиловидного сжигания на ТЭС и устанавливает технические требования к качеству угля. Институтом разрабатываются смеси отвечающие требованиям стандарта ДСТУ 4083-2002. Этот стандарт пересматривается Государственным комитетом по стандартизации и его новая редакция дополнена в части применения топливных смесей для сжигания на тепловых электростанциях.

При сжигании на ТЭС угольной шихты без использования природного газа для подсвечивания экономия газа будет составлять 5,8 тыс. м³/ч ,

За месяц работы – 720 часов экономия составит 4,2 млн м³ на 1 блок ТЭС.

При месячном производстве электроэнергии 200 млн кВт/ч. затраты на приобретение природного газа составят 3,9 млн грн. в месяц, а при использовании угольной шихты экономия составит около 7 млн грн. в месяц (10,9 – 3,9). Так, при сжигании шихты углей марок Г и А на Трипольской ТЭС (1 блок 300 мегавт) в течении 7 месяцев позволило сэкономить 30 млн м³ газа.

На Змиевской ТЭС при работе на шихте углей марок Г и А экономия природного газа составила 10 млн м³. Принимая во внимание, что в Украине работает 30 блоков, возможная экономия природного газа составит 300 млн м³ в год, что позволит вдвое снизить потребление природного газа электростанциями Украины.

Загальні питання технології збагачення

Таким образом, разработанные сотрудниками ГП "Укрниуглеобогащение" технологии помогут внедрению наиболее приемлемых методов переработки угля для условий каждого предприятия.

Список литературы

1. Патковский А.Б. Фабрики для окускования рудного сырья черной металлургии. – М.: Металлургия, 1964. – 235 с.
2. Справочник по обогащению руд / Под редакцией О.С. Богданова. – М., 1974.
3. Tigerschiold M. Fuel problems in Swedish Iron and Stel Industry. – J. "Iron and Stel Inst", 1946.
4. Iwona Kuczynska "Alternative Fuels Prepared from Coal Mud", International coal preparation congress 2010 conference proceedings, Edited by Rick Q. Honaker, – USA – XVI ICPC – P.811 – 2010
5. Cook S.A., Goldney L.H. The effect of heat treatment and certain additives on strength of fired magnetite pellets. // "Trans. AIME". – 1952. – v. 193.

© Филиппенко Ю.Н., Скляр П.Т., Харлова Е.В., Моисеенко О.В., 2012

*Надійшла до редколегії 17.04.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*