

УДК 662.61.747

Пинчук В.А., Потапов Б.Б., Коваленко Е.А.

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ И ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ

Высокозольный уголь и отходы углеобогащения в настоящее время в своем натуральном виде практически нигде не используются, могут стать сырьем для безотходных, экологически безопасных и экономически эффективных технологий использования угля. Это возможно, если уголь рассматривать как комплексное сырье, содержащее в себе углерод, являющийся источником тепловой и химической энергии, зольную часть в виде соединений, которые могут быть использованы в строительстве, редкие и редкоземельные элементы, представляющие ценность, серу, высокие концентрации которой обуславливают целесообразность ее извлечение [1-3].

Одним из способов переработки углей является газификация. Для низкосортного угля и отходов углеобогащения предпочтительной является высокотемпературная газификация, поэтому в основу разработанных технологий положен процесс поточной высокотемпературной газификации пылевидного топлива [1]. Одно из перспективных направлений использования генераторного газа его применение в парогазовых циклах с выработкой тепловой и/или электрической энергии. Комбинированные парогазовые установки по сравнению с паротурбинными имеют большую маневренность и лучшие технико-экономические показатели при работе в переменной части графика электрических нагрузок. Генерация чистого топлива для газовых турбин путем газификации позволяет решать проблему защиты окружающей среды от вредных выбросов тепловых электростанций. В связи с ростом неравномерности графика электрических нагрузок на перспективу потребность в такого рода установках растет [4].

Схема комплексной переработки высокозольных углей на базе парогазовой установке с внутрицикловой газификацией представлена на рис. 1.

При включении системы газификации в цикл парогазовой установки следует иметь в виду некоторые особенности этой технологии:

– в схеме предусматривается использование высокосернистых зольных топлив с технологией предотвращения вредных выбросов в окружающую среду, основанной на первоначальной газификации топлива с последующим сжиганием очищенного от пыли и серы генераторного газа в камерах сгорания газотурбинной установки;

– при выбранных параметрах процесса газификации достигается почти полная конверсия углерода в газ. Высокие скорости химических реакций, протекающих в газовой сфере, делают состав генераторного газа близким к равновесному, что подтверждается как результатами проведенных исследований, [1] так и данными из литературных источников;

– процесс газификации осуществляется при достаточной температуре, чтобы полученный газ не содержал каких-либо конденсируемых смол или органических соединений [5], поэтому в схеме могут быть использованы высокотемпературные методы очистки, обеспечивающий более высокой КПД комплекса, чем низкотемпературные;

– охлаждение продуктов газификации, содержащих CO , H_2 и H_2S , не может осуществляться газом-окислителем во избежание взрывоопасных ситуаций и средами, имеющими температуру выше $400\text{ }^\circ\text{C}$, из-за высокой скорости сероводородной коррозии металла поверхности нагрева, имеющего температуру выше $450\text{ }^\circ\text{C}$;

– основная доля тепла, выделяющаяся в системе получения очищенного газа генераторного (энергетического) газа, передается питательной воде паротурбинного цикла и используется для получения перегретого пара.

Условно схему можно разбить на следующие функциональные модули: газификация и утилизация физического тепла продуктов газификации; очистка газа от зольного уноса; очистка газа от серных соединений и их утилизация; газотурбинный цикл; паротурбинный цикл. Каждый функциональный модуль характеризуется определенным набором технологических параметров.

Высокозольный уголь поступает на углеподготовку (19), где измельчается до фракции 0-0,13 мм, затем сушится в сушильной камере (18) до влагосодержания 5-7 %. Далее пылевидное топливо вместе с кислородом из блока разделения воздуха (20) и паром поступает в циклонный газификатор (1). В газификаторе реализуется технологический процесс поточной газификации с образованием генераторного газа и расплава золы. Жидкий шлак стекает по стенке газификатора в копильник расплава, оттуда поступает на валковые охладители расплава шлака (15), затвердевает, а затем измельчается на дробящих валках. Дробленый шлак охлаждается потоком в охладителе шлака (16). Нагретый здесь воздух очищается циклоном (17), расходуется на сушку угольной пыли в сушильной камере (18), после чего возвращается в охладитель шлака. Генераторный газ поступает в охладитель генераторного газа (2). В процессе охлаждения газа в охладителе осуществляется значительный отвод тепла (до 85 %) и генерируется перегретый пар. После охлаждения генераторный газ подается на очистку. Вначале очищается от крупнодисперсных частичек золы в циклоне (3), а затем дочищается в металлканевом фильтре (4). При этом уловленная зола является концентратом редкоземельных элементов (КРЭ). Далее газ поступает в блок сероочистки (5), где осуществляется очистка газа с конверсией сероводорода в товарную серу. Очищенный и обессеренный газ разделяется на два потока: один поток поступает технологическим потребителям газа, другой сжимается в компрессоре (6) и вместе со сжатым воздухом из компрессора воздуха (7) подводится в камеру сгорания (8). Продукты сгорания поступают в газовую турбину (9) для выработки электроэнергии. Генератор электроэнергии связан с тем же валом, что и турбина с компрессорами. Турбина передает мощность на вал, где приблизительно половина мощности используется для привода компрессоров, а остальная часть – электрогенератора. Отработанные продукты сгорания из газовой турбины используются для получения пара в котле-утилизаторе (10) и выбрасываются в атмосферу.

Часть перегретого пара подается потребителям тепловой энергии, а остальной пар подается в паровую турбину (11) для выработки электроэнергии. Паровая турбина, применяемая в этом цикле является конденсационной без регенеративного подогрева питательной воды. Из турбины отработанный пар конденсируется в конденсаторе (12) и подается в деаэратор (13) вместе с подпиточной водой из блока химической очистки воды (14), компенсирующей потери воды и пара в системе. Деаэрация воды осуществляется паром, поступающим из барабана котла-утилизатора (10).

Безотходность и полная утилизация побочных продуктов вышеописанной схемы обеспечивается следующими мероприятиями:

– расплав золы, получаемый при газификации, охлаждается, утилизируя свою теплоту, гранулируется и используется как строительный материал, а не выбрасывается в шлаковые отвалы, тем самым, загрязняя окружающую среду [3];

– при очистке от серы генераторного газа, существенно снижается загрязнение атмосферы оксидами серы. [5]. Сера в генераторном газе содержится в виде сероводо-

рода, а это позволяет использовать очистку газа с конверсией сероводорода в товарную серу;

– уловленная зола из генераторного газа является сырьем, богатым редкими и редкоземельными элементами, продажа которого повысит эффективность технологии [2].

Проведенная оценка эффективности технологии комплексной переработки низкосортных углей показала, что КПД брутто представленной системы составляет 60 %. При этом наблюдаются следующие виды потерь в комплексе: в паровом цикле (20,5 % от прихода энергии), в котле – утилизаторе и с отходящими газами (12,3 %), в системе валковых охладителей и с гранулированным шлаком (3,0 %), в охладителе генераторного газа и (2,1 %), в газогенераторе (1,0 %), в газотурбинном цикле (0,5 %), в системе очистки газа (0,5 %).

При использовании низкосортного энергетического угля в виде пылеугольного топлива на ТЭС блоки имеют КПД нетто 28-35 %. Как следует из расчетов, КПД нетто представленного комплекса составляет 38-41 %, что на 10 % выше КПД стандартного производства электроэнергии путем сжигания пылеугольного топлива. Основная доля затрат энергии на собственные нужды приходится на привод компрессоров (50 %), остальное на производство кислорода в блоке разделения воздуха (27 %), на химводоочистку (16 %), на газификацию и прочее оборудование (7 %).

Разработано технологическое задание на реализацию предложенной технологии для углеперерабатывающего предприятия А, которое в год покупает и расходует на собственные нужды электрической энергии – 26000 тыс. кВт·ч, тепловой энергии 4000 Гкал, а также топливо в количестве 3000 т у т. Основные показатели работы комплекса для этого предприятия на примере расчета на 40 и 100 МВт приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели работы комплекса на 40 и 100 МВт

| Показатели | 40 МВт | 100 МВт |
|---|--------|---------|
| Производительность реактора-газификатора, т/ч | 27,5 | 70,5 |
| Давление в реакторе-газификаторе, МПа | 0,1 | 0,1 |
| Средняя температура в реакторе-газификаторе, °С | 1750 | 1750 |
| Расход кислорода, т/ч | 15,2 | 39 |
| Расход пара, т/ч | 3,6 | 9,2 |
| Выход газа, м ³ /ч | 34650 | 88830 |
| Агрегат утилизации теплоты газов из реактора, ГДж/ч | 69 | 176,7 |
| Мощность на валу газовой турбины, МВт | 60,8 | 156 |
| Котел-утилизатор после газовой турбины, ГДж/ч | 116 | 305,5 |
| Мощность на валу паровой турбины, МВт | 19,2 | 47 |
| Отпускаемая электрическая мощность, МВт | 40 | 100 |
| Отпускаемая тепловая энергия, ГДж/ч | 1,8 | 1,8 |
| Энергия отпускаемого генераторного газа, ГДж/ч | 10,1 | 10,1 |

Проведенная оценка технологии комплексной переработки углей и отходов углеобогащения показала техническая возможность реализации схемы и использования стандартного оборудования. Экономия средств при внедрении предложенного комплекса складывается из экономии на закупку топлива, тепловой и электрической энергии со стороны, а также получение дополнительных средств от продажи электрической энергии сторонним потребителям, товарной серы, концентрата редкоземельных элементов и гранулированного шлака. Суммарная прибыль при внедрении комплекса

мощностью 40 МВт составит 21547,5 тыс. грн/год, а при внедрении комплекса мощностью 100 МВт 53736,8 тыс. грн/год.

Литература

1. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Исследование и разработка режимов поточной газификации углей украинских месторождений. // *Металлургическая теплотехника/ Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины.* – Днепропетровск. НМетАУ, 2000. – 219 с.

2. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Извлечение микроэлементов при высокотемпературной газификации углей /Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины. – Днепропетровск. НМетАУ, 2003. – 219 с.

3. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Исследование теплообмена шлаковых и золowych расплавов в валковых охладителях// *Материалы 2-й международной научно-практической конференции «Автоматизированный печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии», 3-5 декабря, 2002 г., Москва (Россия), С. 259-260.*

4. Парогазовые установки с внутрицикловой газификацией топлива и экологические проблемы энергетики. Масленников В.М., Выскубенко Ю.А., Штеренберг В.Я., Смитсон Г.Р., Робсон Ф.Л., Лемон А.В., Лохон В.Т.–М.: Наука, 1983.–264 с.

5. Потапов Б.Б., Пинчук В.А. Термодинамические исследования экологических характеристик процесса газификации углей Западного Донбасса/ *Экотехнологии и ресурсосбережения, 2002, №3, С. 121-124.*

УДК 662.61.747

Пінчук В.О., Потапов Б.Б., Коваленко Є.О.

ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ НИЗЬКОСОРТНИХ ВУГІЛЬ І ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ

Для реалізації технології комплексного використання низькосортних вугілів і відходів вуглезбагачення запропонований новий енерготехнологічний комплекс, що забезпечує повну утилізацію побічних і вторинних енергетичних ресурсів у власному виробництві. Технологія використання генераторного газу реалізується на базі парогазової установки з внутріцикловою газифікацією. Проведена оцінка ефективності запропонованої технології переробки низькосортних вугілів, приведені основні показники роботи комплексу і показана технічна можливість його реалізації.