УДК 662.76; 622.7.002.82

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОДГОТОВКИ И СЖИГАНИЯ ВОДОРОД-ВОДОУГОЛЬНОЙ ПУЛЬПЫ

Трошенькин В.Б., Маркосова В.П., Трошенькин Б.А.

Институт проблем машиностроения им.А.Н.Подгорного НАН Украины, Харьков, Украина

АННОТАЦИЯ

В статье приведен краткий обзор новых технологий сжигания угля. Рассмотрены их преимущества и недостатки. Предложена технология приготовления и сжигания водород-водоугольного топлива, обладающая рядом преимуществ.

ВВЕДЕНИЕ

Технологии на основе новых принципов сжигания угольного топлива начали развиваться в середине прошлого века, с появлением гидротранспорта угля [1]. Необходимость сжигания обводненной угольной мелочи, привела к разработке т.н. водоугольного топлива (ВУТ) [2, 3].

Водоугольное топливо выгодно отличается от традиционного угля, мазута снижением количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу (табл.1) [4].

Выбросы	Уголь	Мазут	ВУТ
Пыль, сажа, г/м^3	100 - 200	2 - 5	1 - 5
SO_2, мг/м^3	400 - 800	400 - 700	100 - 200
NO_2, мг/м^3	250 - 600	150 - 750	30 - 100

Табл.1

Для сжигания водоугольных суспензий, как правило, переоборудуют топки действующих в настоящее время парогенераторов. В связи с этим не представляется возможным увеличить время пребывания частиц угля в топочном пространстве. Выходом из создавшегося положения может быть лишь повышение температуры среды до уровня, обеспечивающего полное выгорание угольных частиц.

В отличие от традиционной пылеугольной технологии сжигание водоугольных суспензий позволяет на 5...10 % снизить стоимость произведенной электроэнергии.

Тем не менее, как в традиционной, так и в рассмотренной технологии, полностью сжечь угли не удается. Зола, которая улавливается после прохождения топочного тракта, содержит в своем составе от 10 до 15 % углерода.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В последнее время наметилась тенденция к разработке различных технологий получения водоугольной пульпы [3-6].

Технология баротермического приготовления водоугольного топлива, в частности из бурого угля марки Б1, разработана в НТУУ «КПИ» и готовится к опробованию на ТЭЦ ряда предприятий Украины [5].

Результаты практического применения технологии приготовления и сжигания ВУТ позволили выявить следующие ее преимущества [7]:

Экологические:

- полная безопасность на всех стадиях производства, транспортирования и использования;
- значительное снижение вредных выбросов в атмосферу за счет более низкой температуры в зоне активного горения, не превышающей 1200 °С;
- возможность использования образующейся при сжигании летучей мелкодисперсной золы в производстве строительных материалов.

Технологические:

- не требуется существенных изменений конструкции котлоагрегатов;
- отсутствие значительных флуктуаций в зоне горения ВУТ в системе «топливо-воздух» [1], позволяет полностью механизировать и автоматизировать процессы приема, подачи и сжигания топлива.

Экономические:

- снижается стоимость 1 т условного топлива;
- не требуется применения термических и химических процессов, т.е. технология не капиталоемкая и не энергоемкая;
- возможность использования углей любых марок позволяет уменьшить расходы на транспортировку, привлекая угли местных месторождений;

- на 15...30 % снижаются эксплуатационные затраты при хранении, транспортировании и сжигании. Благодаря простоте транспортировки ВУТ, возможно сооружение централизованного комплекса для его приготовления, и снабжение потребителей уже готовым топливом.

В настоящее время в мире основные производители выпускают ВУТ со следующими характеристиками (масс. %): угля - 70…75, воды - 24…29, присадок - до 1 [5].

К примеру, в Китае тематикой по ВУТ занимаются три научно-исследовательских центра, работают 6 заводов по производству ВУТ, на котельных и электростанциях, сжигающих ВУТ, производится до 2 млн. кВт энергии [6-8].

Отмечено, что конкурентоспособность суспензий как топлива в большой степени зависит от стоимости способа приготовления, включая капитальные затраты и расходы на ремонт, зарплату и электроэнергию. Эксперименты показали, что при использовании в качестве исходного топлива шламов из отстойников обогатительной фабрики, можно исключить помол, если суспензия достаточно стабильна [1].

Известно, что затраты на производство 1 МВт/ч электроэнергии с использованием ВУТ (при транспортировке его углепроводами) ниже расходов, чем при пылевом сжигании угля, доставленного ж.д. транспортом, особенно на дальние расстояния: на 100 км - 12 %, на 1000 км - 22…32 %, на 4000 км - 47…65 %) [9]

Необходимо также отметить, что эксплуатация опытного трубопровода показала, что транспортирование суспензий по трубопроводам не требует каких-либо особых мер в отношении способа их прокладки. Трубопроводы для суспензий можно выполнять сварными с обычными патрубками и коленами и прокладывать их под землей - в течение двухлетнего периода испытаний не было отмечено ни одного случая их зашламовывания [1].

Успех применения ВУТ будет обеспечен в большой степени возможностью перевода всех распространенных типов камерных топочных устройств на сжигание этого нового типа топлива.

В связи с тем, что горелки, используемые для сжигания суспензий, пригодны и для мазута, значительно упрощается растопка и эксплуатация котлов, переведенных на сжигание ВУТ.

Опыты показали, что при переводе работающих на угле котлов на сжигание суспензии поверхность нагрева котла можно не изменять.

Капитальные вложения для электростанции, сжигающей суспензии (по данным США), на 7,5 % ниже, чем при сжигании сухого угля. Это соответствует увеличению количества часов работы электростанции на 1000 ч в год, а удельные капитальные затраты такой станции на 25 % ниже, чем станции на пылеугольном топливе [1].

И, наконец, стоимость электроэнергии при прямом сжигания суспензии на 10 % ниже, чем при пылеугольном.

Применительно к топливно-энергетическому комплексу гидродобыча - гидротранспорт - тепловая электростанция снижение себестоимости 1 кВт·ч электроэнергии в случае сжигания угля в виде суспензии будет более значительно.

Выполненные ранее исследования показали возможность электрохимической газификации водоугольной суспензии (ВУС) при температуре 180…460 °С и давлении 7…20 МПа [10].

При определенных условиях проведения процесса в составе жидкой фазы были выявлены ацетон, спирты, кислоты и эфиры. Генераторный газ содержит в основном H_2 и CO_2, а также следы CH_4, C_3H_8 и CO [11, 12]. После отмывания CO_2 слабыми щелочными растворами получают высококалорийный газ для дальнейшего использования в энергетике.

Водород, получаемый таким способом, предполагалось применять в топливных элементах (ТЭ), где необходим чистый водород. В связи с задержкой в создании ТЭ на Украине представляет интерес использовать полученные данные для разработки технологии приготовления высококалорийных топлив для действующих паровых котлов. В связи с этим изменятся технологические операции и режимы электролиза ВУС, поскольку образование монооксида углерода одновременно с водородом не является недостатком при приготовлении топлива.

Принцип сопряжения эндотермических и экзотермических реакций, позволяющий осуществить протекание термодинамически трудных реакций при низких температурах, послужил основой для разработки процесса электролиза водоугольной пульпы, с последующим использованием получаемого водорода для повышения калорийности водоугольного топлива [13].

На экспериментальной базе ИПМаш НАН Украины разрабатывается технология получения водород - водоугольной суспензии. Во время электролиза в реакторе проточного типа часть углерода взаимодействует с водой с выделением водорода, при этом происходит уменьшение частиц углеродсодержащего материала, что положительно влияет на характеристики получаемого водородо-водоугольного топлива. После подготовки до необходимых технологических параметров полученную пульпу подают на сжигание. Подаваемая в топку водород - водоугольная суспензия имеет более высокую теплоту сгорания, чем обычная водоугольная смесь. Последнее обстоятельство разрешает добиться необходимой полноты использования топлива. Одновременно становится возможным исключить из энергетического цикла мазут (или газ), который применяется для подсвечивания пламени.

Необходимо отметить, что в настоящее время на пылеугольные парогенераторы Украины поступает уголь с содержанием неорганической части 30…40 %. Низкая реакционная способность этого угля также приводит к необходимости использования газа (или мазута) для обеспечения его горения.

Высокая стоимость импортного газа требует поиска альтернативных решений данной проблемы. В этой связи производство дополнительного количества генераторного газа электрохимическим способом может стать оптимальным вариантом выхода из создавшегося положения.

Кроме того, необходимо отметить, что наработку водорода целесообразно проводить преимущественно в ночные часы. Как правило, в этот период времени стоимость энергии, устанавливаемая ТЭС ниже, чем в дневные часы.

Расчет показывает, что при стоимости угля 35 долл/т и стоимости электроэнергии 0,0513 долл/кВт · ч стоимость одной тонны водорода составит 1325 долл [14].

Стоимость природного газа, поставленного из России в Украину в 1 квартале 2010 г. составила 305 долл. за 1000 м^3 [15]. Очевидно также, что газораспределительные организации Украины будут продавать газ промышленным предприятиям по стоимости в пределах 350 долл за 1000 м^3.

Плотность метана при нормальных условиях составляет 0,67 кг/м^3. С учетом этого показателя прогнозируемая стоимость метана составит не менее 522,4 долл/т.

Расчетная калорийность единицы массы генераторного газа, отмытого от CO_2, при сгорании в 2,37 раза превышает калорийность единицы массы метана.

Таким образом, использование метана вместо генераторного газа в перспективе даст экономию в размере

$Z = 1325 - (2,37 \cdot 522,4) = 87$ долл/т.

Известно, что для получения ВУТ можно использовать угольные шламы [16]. Поскольку электролизу может быть подвергнута смесь угля, углеродсодержащей золы и углеотходов, то ее стоимость не будет превышать 20 долл/т. В этом случае стоимость водорода будет в пределах 1100 долл/т., что даст экономический эффект в размере 138 долл на тонну водорода.

К тому же, использование углеотходов разрешит освободить занятые под ними сельскохозяйственные земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, очевидно, что за развитием технологии ВУТ стоит многомиллионный экономический эффект.

Отработка технологических режимов процесса электрохимического получения водород - водоугольного топлива позволит начать его опытно-промышленное освоение.

Предлагаемая технология получения и сжигания водород - водоугольной суспензии позволит на 10...15 % повысить эффективность действующих парогенераторов.

Одновременно ожидается значительный экономический эффект в связи с тем, что режимы электролиза угольной суспензии оказались приемлемыми для имитации процесса подземной газификации угля радиолитическим методом [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Делягин Г.Н., Давыдова И.В. Сжигание твердого топлива в виде водоугольных суспензий /Зарубежная техника//ЦНИЭИ Уголь, - М, 1969, 47с.
2. Овчинников Ю.В., Ноздренко Г.В., Шинников П.А. и др. Способ производства жидкого композитного топлива. Патент на изобретение № 2151959. Приоритет от 08.06.1999.
3. Овчинников Ю.В., Луценко С.В. Искусственное композиционное жидкое топливо из угля и эффективность его использования/Докл. на научн. -практич. конф. «Перспективные энергосберегающие технологии и способы сжигания твердого топлива в котлах малой и средней мощности», 15-18 ноября 2005, Кемерово, РФ. - Режим доступа: http://www. rosteplo.ru/ Tech_stat/stat_shablon.php?id=624, Db.
4. Вихревой кавитационный метод получения водоугольного топлива / Халатов А.А., Костенко Н.В., Шихабутинова О.В. // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. Сб. науч. статей. - К.: Изд-во НПВК «Триакон», - № 1(1), 2009. - С. 96-97.
5. Литовкин В.В. Технико-экономические предпосылки применения водоугольного топлива в электроэнергетике / Энергетика и электрификация, 2006, № 7, С. 20-22.
6. Водоугольное топливо - технология будущего / Карпов Е. и др.//Энергетика. Энергосбережение. Экол. - 2008. - Дек., прил. - С.63-65. Режим доступа: http://www. prometeus.nsc.ru/partner/zarubin/slurry.ssi
7. Топливная составляющая себестоимости сахара - проблемы и пути решения/Шуцкий И.В., Литовкин В.В.//Цукор України, 2008, № 1, С.

21-25.

8. Карпов Е. Водоугольное топливо – технология будущего/Энергетика и промышленность России: газета. № 5 (81), 2007. http://www.eprussia.ru/epr/81/5751.htm
9. Гудинов Д.В. Исследование технологии обогащения и подготовки угля при приготовлении высококонцентрированного водоугольного топлива/Тр. ДонУГИ. Режим доступа: http://www.masters.donntu.edu.ua/2010/igg/gudinov/diss/index.htm.
10. B.A.Troshen'kin, V.B.Troshen'kin. Electric power generation based on coal slurry electrolysis with subsequent usage of produced hydrogen in fuel cells. in: N.Sammes et al. (eds.), Fuel Cell technologies: State and Perspectives, NATO Sci. Ser., II, Math., Phys., and Chem. - Springer: Netherlands, 2005, vol. 202, - P. 157-161.
11. Трошенькин В.Б. Получение водорода электролизом угольной пульпы//Пробл. машиностроения. -2006. - № 4. - т. 9. - С. 93-96.
12. Тепломассообмен при производстве водорода электролизом водоугольной суспензии /Трошенькин В.Б., Маркосова В.П., Трошенькин Б.А.//Инж.-физ. ж-л, 2010. - 83. - №2. - С.310-317.
13. Трошенькин В. Б. Электрохимическая газификация угля. 1. Состояние вопроса и эксперимент/Трошенькин В.Б., Трошенькин Б.А., Маркосова В.П.//Энерготехнологии и ресурсосбережение, № 5, 2009. - С. 9-16.
14. Трошенькин В. Б. Электрохимическая газификация угля. 2. Термодинамические расчеты/Трошенькин В.Б., Маркосова В.П., Трошенькин Б.А.//Энерготехнологии и ресурсосбережение, № 2, 2010. - С. 8-13.
15. Формула два. Украина планирует пересмотреть газовые соглашения с Россией/Гавриш О., Гриб Н.//КоммерсантЪ Украина: газета, № 140 от 26.08.2010. - Режим доступа: http://www.kommersant.ua/doc.html?docId =1493100&IssueId=7000536
16. Получение композиционного водоугольного топлива с использованием угольных шламов /Макаров А.С., Макарова К.В., Савицкий Д.П./Тез.докл. 6-й Междунар. конф. "Сотрудничество для решения проблемы отходов", 8-9 апреля 2009. - Харьков. Режим доступа: http://waste.com.ua/cooperation/2009/index.htm
17. Янко С.В. , Трошенькин Б.А. Перспективы освоения глубоко залегающих угольных месторождений//Уголь Украины, 2010, №10 (646), - С. 3-10.