

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БУРОГО УГЛЯ КАК КОМПОНЕНТА ВОДНО-УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
пр. Октябрьский, 43 – А, г. Николаев, 54018, Украина, dpcd@ipt.com.ua*

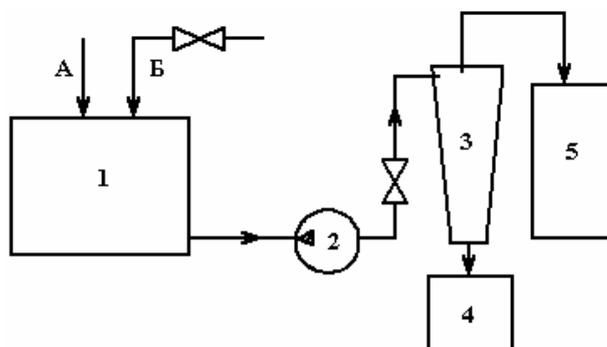
В настоящее время проблема совершенствования топливно-энергетического баланса Украины приобретает особую актуальность. Широкое внедрение нового вида жидкого топлива из угля - водно-угольного топлива (ВУТ), в том числе с добавками любого углеводного сырья (нефти, спиртов, метанола и других горючих жидкостей), может быть основой эффективной замены дорогих дефицитных естественных энергоносителей (естественного газа и нефти) на многих ТЭЦ и ГРЭС с минимальными капитальными затратами и с сохранением на необходимом уровне вредных выбросов в атмосферу.

Цель настоящей работы – провести экспериментальные исследования для определения возможности использования электроразряда как инструмента для дезинтеграции компонентов ВУТ и создания устойчивых водно-угольных суспензий.

Исходя из требований к производству водно-угольного топлива и анализа существующих способов и устройств измельчения угля [1] для электроразрядного измельчения и получения устойчивых суспензий необходимо выполнить следующие основные условия:

- обеспечить измельчение угля до фракционного состава от 0,2 мм и ниже, позволяющее разрушить зольные включения на границах зерен угля;
- обеспечить устойчивость суспензий за счет получения активированной дисперсной фазы тонкого помола (< 0,2 мм) и активированной фазы процесса термолиза воды, а также активных молекул H_2O_2 и O_3 и др.;
- обеспечить обезвоживание суспензий до содержания в них твердой фазы в пределах от 60 до 70%;
- обеспечить теплоту сгорания водно-угольной суспензии в пределах 16 МДж/кг за счет снижения зольности от 1 до 5% и при необходимости применения активных добавок от 1 до 2% общей массы суспензии;
- обеспечить требуемый выход готового продукта.

Для выполнения этих условий изготовлен специальный экспериментальный стенд (см. рисунок), позволяющий в режиме непрерывного потока измельчать бурый уголь до необходимой фракции. При этом контроль за максимальным выходом необходимого материала ведется по удельным затратам энергии в пределах 10 кВт·ч/т.



Блок-схема стенда: 1 – разрядная камера; 2 – насос; 3 – гидроциклон; 4 – сборник шламов; 5 – сборник суспензии; А – уголь; Б – вода

Для получения устойчивых суспензий установлен режим электроразрядной обработки компонентов водно-угольного топлива, обеспечивающий образование активной фазы и активной среды.

При электроразряде с соблюдением удельных затрат энергии в пределах 10 кВт·ч/т происходят термолит воды с образованием молекул H_2O_2 и O_3 , а также гомогенизация и диспергирование твердой фазы. В такой среде проявляется эффект электростатического отталкивания и структурно-механического барьера, что обеспечивает устойчивость водно-угольной суспензии.

Экспериментально установлено, что стабильность электроразряда в водно-угольной суспензии ограничена соотношением жидкой и твердой фаз. С одной стороны, в водно-угольном топливе соотношение жидкой и твердой фаз находится в пределах 1:3, а устойчивость разряда сохраняется при соотношении воды и угля в пределах 2:3. Таким образом, водно-угольная суспензия, полученная электроразрядным способом, требует обезвоживания. Эта операция производится с помощью гидроциклона, входящего в комплекс экспериментального оборудования.

Уголь разрушается электроразрядом по границам зерен, имеющих менее прочные характеристики, чем зерна угля. Поскольку вредные примеси скапливаются на границах зерен, одновременно с измельчением происходит обогащение водно-угольной суспензии за счет выпадения части примесей (зольности) в осадок. В результате обеспечивается необходимая теплота сгорания водно-угольной суспензии. При необходимости увеличения теплоты сгорания в водно-угольную суспензию добавляются активные высококалорийные добавки в пределах от 1 до 2%.

Для определения объема выходного продукта следует установить производительность технологической линии по изготовлению водно-угольной суспензии электроразрядом.

Возможность разрушения хрупких неметаллических материалов практически любой прочностью, в том числе электроразрядным способом, является экспериментальным фактом [2]. Однако при разработке технологии важное, а часто и принципиальное значение имеет производительность электроразрядного разрушения (измельчения) блоков хрупких материалов, имеющих максимальные размеры (от 100 мм и меньше), на фрагменты, не превышающие 3 мм. Под производительностью измельчения будем понимать массу разрушенного до заданных размеров материала, проходящего через зону измельчения за единицу времени. Время дробления блоков до заданных размеров зависит главным образом от их прочностных характеристик, параметров электрического разряда, частоты повторения разрядов, взаимного расположения осколков материала. Названные характеристики процесса измельчения в большей или меньшей степени имеют статистический характер, поэтому выполнить расчет процесса измельчения материала с детерминистических позиций не представляется возможным. Но оценку технологических параметров электроразрядного измельчения (радиуса разрушения, производительности, времени обработки) можно дать на основе ряда предположений:

- трещины в осколках возникают вблизи мест их взаимного контакта вследствие концентрации напряжений;
- измельчение материала происходит в результате превышения касательными напряжениями предела прочности материала на сдвиг (скалывание) [3];
- в результате электрического разряда осколки материала, находящиеся в зоне измельчения, делятся на две равные части;
- начальный объем осколков равен объему зоны измельчения;
- объем зоны измельчения V_d определяется расстоянием между электродами l и радиусом зоны измельчения R_d , то есть:

$$V_d = \pi \cdot l \cdot R_d^2; \quad (1)$$

- при достижении заданных размеров осколков (a_{min}) они удаляются из зоны измельчения.

С учетом принятых допущений, формулу оценки производительности измельчения хрупких материалов электрическими разрядами можно получить в следующей логической последовательности.

Объем осколков после n разрядов будет составлять:

$$V_n = V_d / 2^n, \quad (2)$$

тогда

$$n = l \cdot n \left(\frac{V_d}{V_n} \right) / 2l \cdot n. \quad (3)$$

Начальный (a_0) и конечный (a_{min}) размеры осколков свяжем с их объемами соотношениями

$$a_0 = \sqrt[3]{V_d}; \quad a_{min} = \sqrt[3]{V_n}, \quad (4)$$

тогда формулу (3) можно преобразовать к виду:

$$n = 1,443 \cdot \ln \left[(a_0 / a_{min})^3 \right]. \quad (5)$$

При частоте электрических разрядов f осколки материала, находящиеся в объеме V_0 , достигают размеров a_{min} за время

$$t = n / f, \quad (6)$$

и вследствие этого объемный расход материала через зону измельчения составит:

$$V_R = V_d / t. \quad (7)$$

Так как разрядных промежутков может быть k , а плотность материала равна ρ , массовый расход материала через зону измельчения (производительность измельчения) определяется зависимостью

$$G_n = k \cdot \rho \cdot V_d / t, \quad (8)$$

или, с учетом (1) и (6), окончательно получим

$$G_n = \frac{\pi \cdot k \cdot \rho \cdot f \cdot l \cdot R_d^2}{1,443 \cdot \ln \left(\pi \cdot l \cdot R_d^2 / a_{min}^3 \right)}. \quad (9)$$

Анализ формулы (9) показывает, что производительность электроразрядного измельчения определяется шестью параметрами. Пять из них зависят от условий электрического разряда и конструкции разрядной камеры. Определение их величин не представляет затруднений.

Величина R_d (радиус зоны измельчения) определена экспериментально в зависимости от прочности материала [4]:

$$R_d = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{сж}}} \cdot 10^{-2}. \quad (10)$$

Таким образом, по параметрам разрядной камеры и радиусу зоны разрушения установлена производительность электроразрядного производства водно-угольной суспензии. Для экспериментальной установки производительность достигает 1,5 т/ч.

Описанный комплекс является экспериментальным и проходит опытно-промышленное опробование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороших И.К. Производство и использование водно-угольного топлива. М.: Изд-во Академии горных наук, 2001.
2. Ризун А.Р. Технология разрушения неметаллических материалов электровзрывом // Тез. докл. «Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности». Николаев, 1992.
3. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М., 1980.
4. Денисюк Т.Д., Ризун А.Р. Методика определения зон и объемов электроразрядного разрушения форм и стержней // Электронная обработка материалов. 2005, № 4. С.

Поступила 07.02.09

Summary

The mode of electro discharge treatment of components of water-coal fuel is experimentally set for the receipt of steady suspensoidss. The method of calculation of the productivity of grinding down of brown coal an electro-bit method is offered. Parameters, influencing on the productivity of grinding down, are rotined. It is set that the radius of area of grinding down can be certain by an experimental method depending on complication of material.