

2. Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела // М.Ф. Жуков, Е.И. Карпенко, В.С. Перегудов и др.; Под ред. В.Е. Мессерле, В.С. Перегудова. – Новосибирск: Наука. Сиб. Изд. Фирма РАН, 1996. – 304 с.
3. Мессерле В.Е. Состояние и перспективы освоения плазменных технологий безмазутного воспламенения углей в энергетике // Труды II Междунар. симпоз. По теоретической и прикладной плазмохимии. – Плес, 1995. – с. 192-195.
4. Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Нагибина Н.Б., Матвеев В.А. Использование плазменно-топливных систем на пылеугольных тепловых электростанциях Казахстана. VIII всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива», Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 13-16 ноября 2012 г., с. 61.2 – 62.6.
5. Научно-технические основы и опыт эксплуатации плазменных систем воспламенения углей на ТЭС // Е.И. Карпенко, М.Ф. Жуков, В.Е. Мессерле и др.; Под ред. В.Е. Мессерле, В.С. Перегудова. – Новосибирск: Наука. Сиб. Изд. Фирма РАН, 1998. – 133 с.
6. Введение в плазменно-энергетические технологии использования твердых топлив / Е.И. Карпенко, В.Е. Мессерле. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1997. – 119 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУШНОЙ АТМОСФЕРЕ

¹Е.В. Биятто, ¹К.К. Привалихина, ²А.Я. Пак

^{1,2}Томский политехнический университет

¹ЭНИН, ЭСиЭ, группа 5АМ62

²ЭНИН, ЭПП

Введение

Для утилизации промышленных отходов и создания новых материалов с заданными свойствами, широкое распространение в мире получили плазменные электро-технологические установки [1,2,3]. Стремительно развиваются электроискровые и электродуговые системы поджигания топлива и стабилизации горения [4], проводятся экспериментальные и теоретические исследования электроразрядных явлений [5,6].

Установки постоянного тока, доля которых в мире составляет порядка 87% [7] в классификации схожих систем по типу электропитания являются одной из основных разновидностей систем для генерации плазмы. В то же время, существует ряд недостатков современных электродуговых установок, а именно: влияние полярности подключения источника питания на процесс осуществления переноса массы с одного электрода на другой, сложность реализации равномерного распределения параметров плазмы, сложность в распространении и удержании плазменного факела в значительном объеме части объема реактора,

необходимость контроля состава и давления газовой среды реактора [8], относительно высокое энергопотребление [9].

Возможным подходом, позволяющим решить рассматриваемые затруднения, может быть генерация плазмы в воздушной атмосфере [10] с использованием графитовых электродов. Это позволит повысить значения температур в плазменном факеле (10-12 тыс. градусов) при сравнительно небольших значениях тока (100-200 А) [11]. Поэтому проведение экспериментальных исследований электрической дуги постоянного тока в воздушной атмосфере между графитовыми электродами является актуальной задачей.

Эксперимент

С целью исследования процесса генерации углеродной плазмы в воздушной атмосфере была собрана простейшая экспериментальная установка. Графитовые электроды марки «ESAB OK Carbon» подключались к источнику электропитания постоянного тока со встроенным преобразователем частоты (Condor Colt 200) и максимальным рабочим током до 200 А. Напряжение холостого хода данного источника составляет 62 В. Источник позволяет осуществлять плавное регулирование уровня тока в диапазоне от 20 А до 200 А.

Один из электродов закреплялся неподвижно и подключался к минусовой клемме источника питания, второй электрод был подвижным и подключался к положительной клемме. Для инициирования дугового разряда подвижный электрод подносился к неподвижному, вплоть до соприкосновения вдоль продольной оси обоих электродов, обеспечивая электрический контакт. После зажигания дуги подвижный электрод отводился по продольной оси электродов со скоростью 2 мм/с, тем самым реализуя удлинение дуги, до момента погасания разряда. Эксперимент повторялся несколько раз для различных уровней тока от 20 А до 200 А. Уровни тока и напряжения на дуговом разряде контролировались встроенной системой измерения тока в источнике питания, а также цифровым мультиметром, работающем в режиме вольтметра; при помощи миллиметровой шкалы, расположенной вблизи электродов визуально оценивалась длина дугового разряда; для защиты органов зрения применялся светофильтр для сварочных работ. Напряжение фиксировалось в момент погасания дугового разряда, т.е. при наибольшей длине дуги. По величине напряжения и тока рассчитывалась электрическая мощность дугового разряда. Схематически экспериментальная установка представлена на рисунке 1.

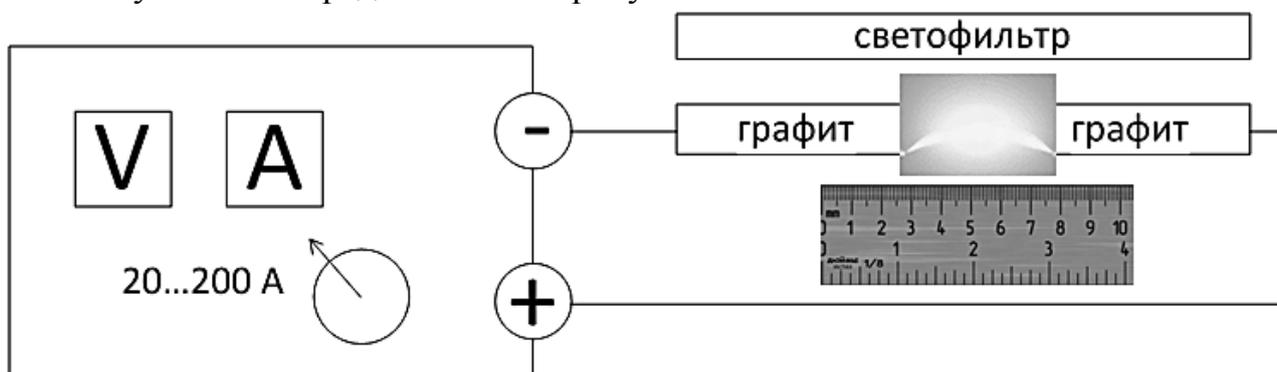


Рис. 1. Устройство экспериментальной установки

Результаты и обсуждение.

Усредненные экспериментальные данные приведены в таблице 1.

Табл. 1. Усредненные экспериментальные данные

Ток, А	Напряжение, В	Мощность, Вт	Длина дуги, мм
20	45	900	12
55	50	2750	25
90	50	4500	25
130	52	6760	15
165	54	8910	12
200	52	10400	10

Согласно расчетным данным видно, что мощность дугового разряда менялась от 0,9 кВт до почти 10,5 кВт в зависимости от уровня тока. Максимальное напряжение на дуговом разряде непосредственно перед его погасанием является приблизительно на одном уровне – около 50 В. Уровень напряжения погасания дуги, скорее всего, связано с уровнем напряжения холостого хода источника электропитания: при достижении напряжения близкого к напряжению источника питания скорость ввода энергии в дуговой разряд снижается, и происходит погасание дуги.

При рассматриваемых уровнях тока температура плазмы при использовании графитовых электродов может достигать 10-12 тыс. К [11]. Основной интерес представляет изменение максимальной длины дуги, которую удалось получить в серии экспериментов. Наибольшая длина дуги составила 25 мм при мощности дугового разряда в диапазоне около 3,0-4,5 кВт и токах 60...90 А. Это может быть объяснено тем, что при низких уровнях тока, поступающая в разряд электрическая мощность не обеспечивает устойчивое горение дуги при ее удлинении в рассматриваемых экспериментах более 10-12 мм. С другой стороны при более высоких уровнях токах максимальная длина полученного разряда, вероятно, ограничена падением напряжения на дуговом разряде, которое становится близким к напряжению источника при токах около 160...200 А уже при величине разрядного промежутка около 10-12 мм.

В ходе проведения эксперимента замечено влияние полярности подключения электродов: на электроде, подключенном к минусовой клемме питания, происходит осаждение порошкового материала из плазмы разряда, в то время как электрод, подключенный к положительному потенциалу источника заметно «выгорает». Результаты этого наблюдения показаны на рисунке 2. Данное явление укладывается в современные представления об электродуговых явлениях постоянного тока в присутствии в плазме разряда углерода [12]. А осаждаемый материал может представлять собой ультрадисперсный продукт, например, углеродные нанотрубки [12], что может быть предметом отдельного исследования.



Рис. 2. Внешний вид электродов.

Таким образом, в рассматриваемой работе установлены параметры электропитания, которые позволяют получить наибольший размер дугового разряда, горящего между графитовыми электродами в воздушной атмосфере. В рассматриваемых условиях наиболее подходящим уровнем тока для питания электродуговой установки являются значения тока в диапазоне 60...90 А, обеспечивающих электрическую мощность разряда около 3,0-4,5 кВт. Осуществление процесса стабильного горения дугового разряда в промежутке между графитовыми электродами в воздушной атмосфере при обозначенных уровнях мощности позволяют полагать возможность бытового применения электродуговых устройств для различных целей: инициирование и стабилизация процессов горения топлива, очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений и бактерий и других, известных согласно современной литературе, областей. Практическая ценность результата подчеркивается простотой реализации эксперимента и использованием промышленно производимых компонентов экспериментальной установки (в том числе источника питания), что позволяет полагать легкость применения на практике полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. E. Gomez et al. / *Journal of Hazardous Materials* 161 (2009) 614–626; P. Zhao et al. / *Journal of Hazardous Materials* 181 (2010) 580–585;
2. А.Г. Каренгин, О.Д. Шахматова/Вестник науки Сибири. 2012. № 2 (3). с.22-26;
3. K. Reineke et al. / *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 30 (2015) 112–118;
4. A. Starikovskiy, N. Aleksandrov / *Progress in Energy and Combustion Science* 39 (2013) 61-110;
5. A.S.DeFilippo, J.Chen / *Combustion and Flame* 172 (2016) 38-48;
6. S.Merola, L.Marchitto et al. / *Applied Thermal Engineering* 69 (2014) 177–187;

7. N. Arora, N.N. Sharma / *Diamond & Related Materials* 50 (2014) 135–150;
8. D.Sun, R. Hong et al. / *Chemical Engineering Journal* 303 (2016) 217–230;
9. F X. Lu et al. / *Diamond am/Related Materials* 7 (1998) 737 – 741;
10. C. Tendero et al. / *Spectrochimica Acta Part B* 61 (2006) 2 – 30;
11. D.V. Schur et al. / *Carbon* 45 (2007) p.1322–1329 ;
12. N. Arora, N.N. Sharma / *Diamond & Related Materials* 50 (2014) 135–150.

Научный руководитель: А.Я. Пак, к.т.н., доцент каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЖИГАНИЯ ОРГАНОВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ГОРЯЧЕЙ ЧАСТИЦЕЙ

А.Г. Нигай, Д.С. Сивков
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа 5БМ53

Исследование характеристик зажигания перспективных для энергетики органоводоугольных топлив (ОВУТ) весьма актуально. Т.к. в состав таких топливных композиций входят низкосортные угли (как правило, бурые), отходы углеобогащения (КЕК), отработанные горючие жидкости (моторные, трансмиссионные, трансформаторные, турбинные масла), то их сжигание наряду с выработкой энергии позволит утилизировать твердые и жидкие горючие отходы.

ОВУТ имеют некоторые преимущества по сравнению с традиционными для энергетики топливами (уголь, мазут): более высокие экологические характеристики, меньшая пожарная опасность на стадиях подготовки к сжиганию, экономичность эксплуатации энергоустановок и другие. Изучение процессов зажигания и горения ОВУТ позволит разработать теоретические основы технологии утилизации горючих отходов для выработки энергии.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование предельных условий зажигания ОВУТ горячими частицами и установление влияния параметров локального источника энергии на основную характеристику процесса – время задержки зажигания.

Исследование закономерностей зажигания топлива одиночными горячими частицами выполнено с использованием экспериментального стенда, схема которого приведена на рисунке 1. Основные характеристики индукционного процесса установлены в рамках методики [1].