УДК.628.475.7

Джанибеков Таалайбек Жеенбекович
к.т.н., РГСУ, филиал в г.Ош
tdzhanibekov@ bk.ru

ПЛАЗМЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ПИРОЛИЗА ТБО

В данной работе представлены технологии по переработке твердых бытовых отходов (ТБО) на основе плазменных технологий. Установки и технология разрабатывались с целью переработки углеводородных отходов с сухим шлакоудалением. Это позволяет сократить время предварительной подготовки установки к работе и упростить ее управление.

Ключевые слова: Плазматром, пиролис, электродуговой разряд, насадка

Dzhanibekov Taalaybek Jeenbekovich
Ph.D., RSSU, Osh branch

PLASMA-ENERGY TECHNOLOGIES AND INSTALLATIONS FOR PYROLYSIS SHW

In this work technologies for processing of the municipal solid waste (MSW) on the basis of plasma technologies are presented. Installations and technology designed for the purpose of processing of hydrocarbonic waste with a dry slag removal. It allows to reduce time of preliminary preparation of installation for work and to simplify her management.

Key words: Plasmatrom, pyrolysis, electric arc discharge, nozzle

Развитие и достижение плазменных технологий создает возможность осуществления технологических процессов с замкнутыми циклами, что обеспечивает решение глобальной проблемы, стоящей перед человечеством - снижения уровня загрязненности окружающей среды.

Вместе с тем, для целей энергетики нужны возобновляемые энергоносители, в качестве которых могут быть плазменные тепло- и парагенераторы и электродные нагреватели воды, которые могут решать острые проблемы энерго- и ресурсосбережения[6,7,8]. Актуальность рассматриваемых технологий и установок обусловлена тем, что такого типа установки не нашли применения на практике, хотя перспективным и актуальным является разработка и применение плазменных технологий и установок в решении ряда муниципальных проблем.

К настоящему времени разработано большое число конструкций электродуговых нагревателей газа[1,2,3]. Наиболее простой вариант нагревателя газа представляет собой дуговой электрический разряд, горящий между двумя электродами, обдуваемый и стабилизируемый плазмообразующим газом в осевом и перпендикулярном направлении.

Для экспериментальной работы использовались плазматрон типа ПРС-75. Мощность одного плазматрона 75 кВт при изменении напряжения от 150 до 300В, сила тока от 100 до 200 А, расход плазмообразующего газа от 0.001 до 0.003 кг/сек, расход воды на охлаждение электродов 0.1-0.2 кг/сек.Для расширения возможностей применения ВП в различных технологических циклах, предпологающих использование тепловой энергии нами предложена конструкция теплоотводного насадка(рис.1).

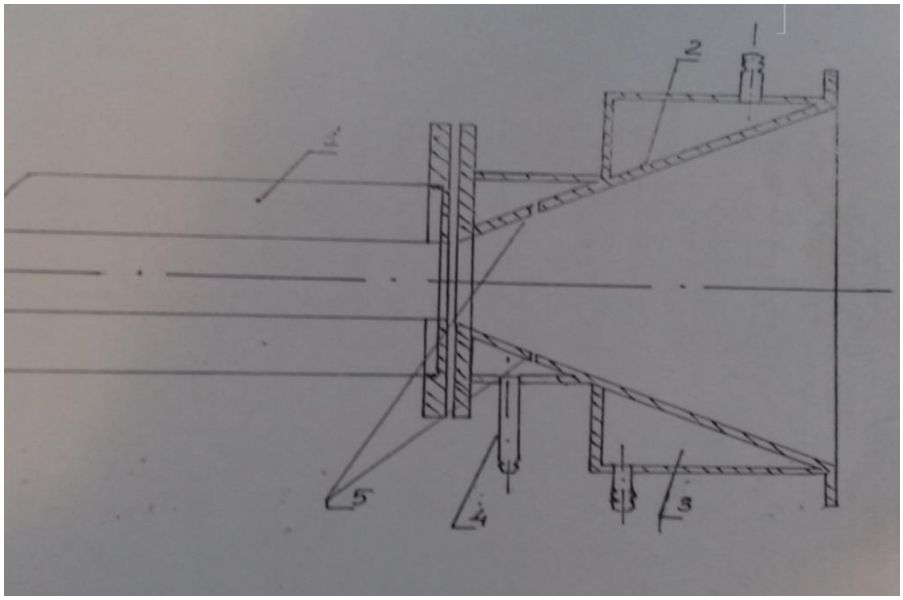

Рис.1. Конструкция насадка: 1-плазматрон; 2-расширяющийся насадок; 3- водяное охлаждение; 4- вход спутного газа; 5- отверстия для подачи спутного газа

Насадок представляет собой расширительный насадок (2, в начальной части которого имеются 4 отверстия(5) для поперечного вдуваспутного газа в ядро потока плазмообразующего газа. В данном случае в качестве обоих газов использовался воздух. Сопло заключено в водоохлаждающую рубашку(3), угол раствора сопла менялся в пределах от 15 до 60 градусов. Проведенные эксперименты показали эффективность работы насадки: обьем видимой области теплообмена при работе с насадкой увеличивается до метра в длину и занимает область диаметром 120 мм.Температура в этой области достигает порядка 700-1000 оС, что позволяет использовать плазматрон с насадком в качестве источника тепловой энергии. Причем температура области может регулироваться при помощи изменения расхода спутного и плазмообразующего газа.Тепловой насадок разрабатывался для задачи плазменного пиролиза бытовых отходов[4,5], однако нам представляется возможным применение насадка для широкого круга задач, в частности для целей теплоэнергетики, отопления и тепловой обработки керамики[6,7,8].

Представленные установки и технология разрабатывались с целью переработки углеводородных отходов с сухим шлакоудалением . Это позволяет сократить время предворительной подготовки установки к работе и упростить ее управление. Установка ориетирована на переработку сравнительно небольших обьемов отходов.Камера для пиролиза представляет собой цельнометаллическую, прямоугольной формышахтного типа камеру (рис. 2, 3) утепленную снаружи с которой состыкован теплоотводный насадок с плазматроном 1.Мощный источник тепловыделения ,образовавщийся во время пиролиза синтез-газ, проходит через слой ТБО, осуществляя просушку верхних слоев, и выходит через отверстие на очистку или утилизацию. Шлакоудаление происходит через люк 6 в нижней части камеры. Загрузка ТБО осуществляется через верхний люк 3 вручную для одностадийного цикла или с помощью устройства шиберного типа для непрерывного цикла.

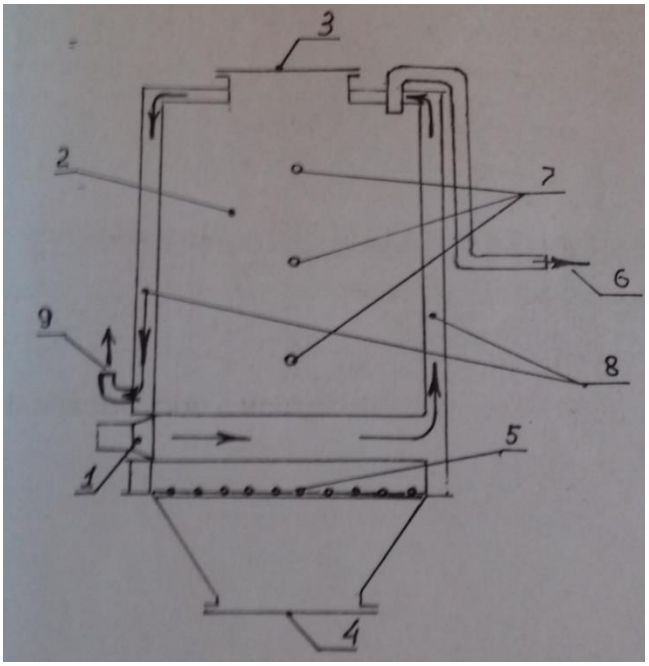

Рис.2. Схема экспериментальной пиролизной установки с косвенным нагревом плазмой. 1-Плазматрон с насадкой; 2-пиролизная камера; 3-загрузочный люк; 4-разгрузочный люк; 5-колосниковая решетка; 6- пиролизные газы; 7-термопары; 8- термокамеры для плазмы.

Пиролизная камера была изготовлена в двух вариантах и испытана. В первом варианте (рис.2) пиролизная камера была изготовлена с таким учетом, что пиролиз проходил без открытого соприкосновения плазмы с отходами, т.е. плазменный факел направлен в тепловыделительную камеру 1, затем через обходные каналы 8,омывая пиролизную камеру со всех сторон, выводился наружу. Пиролизный газ отводился через патрубок 6, загрузка ТБО производилась через люк с двойной теплоизоляцией. Выгрузка непиролизуемых остатков производилась через нижний люк 4. При реализации этого варианта пиролиза газовыделение начиналось приблизительно через 40 минут после начала работы плазматрона. В целом, с момента запуска, до окончания активного выхода горючей фракции пиролизных газов, проходило около 90 минут.

Для измерения поля температур, и контроля динамики изменения температуры в камере на разных уровнях установлены термопары 7. Энергия, необходимая для процессов пиролиза и конверсии органических соединений, поступает с плазменной струей, где в качестве теплоносителя используется электродуговая термическая плазма, генерируемая плазматронами. Плазмообразующим газом является воздух, поэтому дополнительным источником тепловой энергии при газификации будет еще и энергия химических окислительно-восстановительных реакций, протекающих в пиролизной камере.

Во втором варианте (рис.3), когда плазменный факел был направлен непосредственно в пиролизную камеру на ТБО, было опасение что соприкосновение плазмообразующего газа (воздуха) с разлагающимися углеводородами приведет не к пиролизу, а обыкновенному сжиганию отходов. Опасения не подтвердились. Сжигания не произошло вследствие небольшого расхода плазмообразующего газа. Выделение же горючего пиролизного газа из камеры началась практически сразу, после начала работы плазматрона. Это позволяет отдать предпочтение второму варианту переработки отходов. Во вторых, в данном варианте обработки ТБО, когда плазменный факел взаимодействует с ТБО непосредственно в пиролизной камере, в процессе тепломассообмена принимают участие все три способа передачи тепла: теплопередача,

конвекция и излучение. Тогда как в первом варианте конвекция и излучение были нами искусственно устранены, хотя их вклад в процессе тепломассопередачи оказался весьма существенным.

Для полного понимания механизма пиролиза различных промышленных и бытовых отходов, нами были проведены серии экспериментов с отсортированными типами отходов. Проблема исследования физико-химического состава газов выделяющихся в процессе пиролиза бытвых отходов (пиролизных газов) возникла при решении практической задачи, связанной с последующим использованиемэтих газов в качестве топлива.

Для чего необходимо знать процентное содержание каждого горючего компонента. (CO, H, CH и др). Для анализа использовался газо-жидкостной хромотограф марки ЛХМ-80, снабженный детектором по теплопроводности дуальной системы.

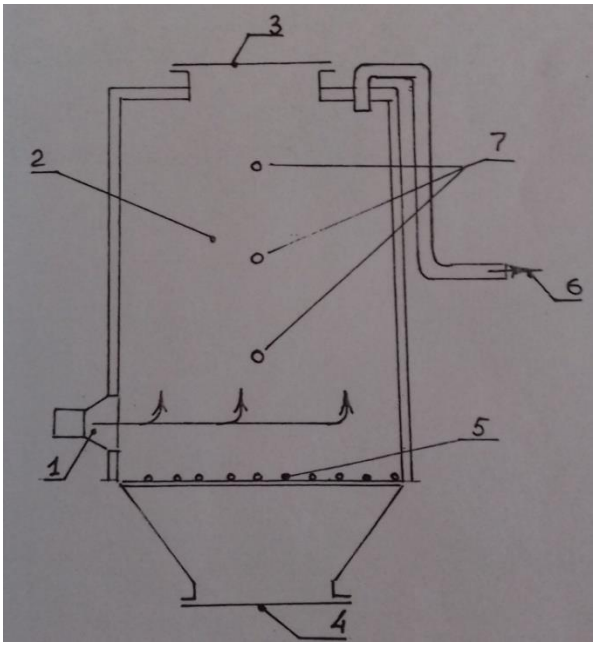

Рис.3. Схема экспериментальной пиролизной установки с непосредственным нагревом плазмой. 1- Плазматрон с насадкой; 2-пиролизная камера; 3-загрузочный люк; 4-разгрузочный люк; 5-колосниковая решетка; 6- пиролизные газы; 7-термопары.

Таблица 1

Количественный и качественный состав ТБО г.Бишкек на 1 кг. Бытовых отходов в % к общей массе

бумага	Пищевые отходы	дерево	Металл черный	текстиль	кости	стекло	резина	камни	пластмасса	прочие	отсев
30	30	3	2	7	2	5	2	3	4	3	9

По имеющимся статистическим данным, количественный и качественный состав имеет существенные различия в зависимости от региона. Исходя из географической широты нашей местности определяем состав одного килограмма ТБО. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Были проведены анализы баланса материала и энергии при плазменном пиролизе смешанных отходов. Также проведен расчет химического состава пиролизных газов и определение их физических свойств при температуре пиролиза

T=800 ° C. Эти результаты при данном процентном составе ТБО приведены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав пиролизных газов и их физические свойства при T=800°C

Наименование отходов	Элементный состав, %							Удельная теплота сгорания на 1 кг(кДж/кг)
	CO	H	O	CH_4	N	зола	Влажность	
бумага	8.31	1.11	8.5	0.01	0.042	4.5	7	2847
пищевые отходы	3.78	0.54	2.4	0.3	0.045	1.35	16	1029
текстиль	2.14	0.03	1.62	0.4	0.007	0.56	1.4	1100
древесина	1.2	0.001	1	-	-	0.6	0.6	434
отсев	1.26	0.001	1.27	-	0.009	4.5	1.3	414
пластмасса	2.2	0.003	0.7	0.03	0.001	-	0.32	935
прочее	0.5	-	-	-	0.009	0.234	0.16	363
резина	1.3	0.001	0.2	-	0.001	0.232	0.1	516
стекло	-	-	-	-	-	10	-	-
кости	0.5	-	-	-	0.009	1.264	0.2	173
сумма	29.31	1.66	15.7	0.74	0.123	23.56	33.7	7805

Теплоемкости летучих компонентов при T=800 °C приведены в таблице 3.

Таблица 3

Теплоемкости некоторых летучих компонентов пиролизных газов при T=800 °C

CO	H	O	CH_4	N
1.85	-	1.45	1.368	1.58

Нужно отметить, что: во-первых, дополнительным источником тепловой энергии при газификации (пиролизе) будет еще энергия химических реакций, вследствие того, что плазмообразующим газом является воздух. Во-вторых, при большом расходе воздуха(приблизительно 0.3 г/с на 1 кг отходов в реакторе будет происходить сжигание ТБО. В этом случае плазматрон необходим только как стабилизатор горения отходов. При этом удельные энергозатраты составляют около 0.1 кВт.ч/ кг.

В таблице 4 приведены сравнительные данные плазменного пиролиза для различных составляющих ТБО.

Таблица 4

Сравнительные данные по плазменному пиролизу ТБО

вещество	W, мощность плазматрона кВт	t,время обработки мин	Затраченная Мощность кВт	W,мощность на 1 кг кВтч/кг	Состав Горючих газов			Влажность, %
					CO	H	CH	
Бумага m=15 кг	39	10	7.2	0.48	48.6	0.39	0	
Импортная пластмасса m=9 кг	39	10	7.2	0.85	0	0	0	

Отечественная пластмасса m =16 кг	39	52	33.8	2.11	0	0	13.7	
Комплекс-муссор m=17.5 кг	33	37	20.5	1.16	0	0	10	
ТБО 1	-	-	-	0.82	116	31	-	
ТБО 2	-	-	-	0.75				50
ТБО 3	-	-	-	0.6				45
ТБО 4	-	-	-	0.4				29

ТБО 1- данные по работам С.Л.Камачо

ТБО 2,3,4- данные по работам Института теплофизики СО РАН

Литература:

1. **Джанибеков, Т.Дж.** Разработка металлургического плазматрона [Текст] / Ж.Ж. Жеенбаев, А. Татыбеков Эхо Науки // №3-4 1995. с.127-128
2. **Моссэ, А.Л.** Унифицированный ряд электродуговых плазматронов для плазменных нагревательных устройств [Текст] Минск: 1988 (препринт/ АН БССР Институт тепло - и массообмена им. А.В. Лыкова)
3. **Жеенбаев, Ж.Ж.** Применение плазменной горелки в процессе пиролиза бытовых отходов.//Материалы международной конференции «Физика плазмы и плазменные технологии» [Текст] / А. Татыбеков, В.Б. Борт, Т.Дж. Джанибеков, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев //Минск,1997. Т 4 с.646-649.ң
4. **Жеенбаев, Ж.Ж.** Эффект плазматрона при проведении физико-химического анализа продуктов пиролиза сложных веществ//Материалы международной конференции «Физика плазмы и плазменные технологии» [Текст] / А. Татыбеков, В.Б. Борт, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев, Т.Дж. Джанибеков // Минск,1997. Т 4 с.650-653.
5. **Жеенбаев, Ж.Ж.** Плазматронная парогенераторная установка [Текст] // В.И. Никаноров, А. Татыбеков,Т.С. Кенешов, Т.Дж. Джанибеков, В.Б. Борт, , К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев // Известия НАН КР №2,3 1998 с.14-17
6. **Жеенбаев, Ж.Ж.** Плазматроннаятеплогенераторная установка [Текст] / В.И. Никаноров, А. Татыбеков, Т.Дж. Джанибеков, В.Б. Борт, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев // Известия НАН КР №3 1999 с.17-20
7. **Жеенбаев, Ж.Ж.** Плазменный метод получения озонированного водяного пара. // Труды межд. конф. «Традиции и новации в культуре университетского образования» [Текст] / В.И. Никаноров, А. Татыбеков,Т.Дж. Джанибеков, В.Б. Борт, К.У. Сабаев, К.О. Мукалаев // Бишкек, 1998 часть 2 с.90-94
8. **Camacho S.L.** Plasma Pyrolysis of Hydrocarbon wastes: Proc. Of the BNCE Technical Conf. at Wadham College.Oxford, England 25-27 September 1990.