

ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (ТБО) НА ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ

А.Татыбеков, М.А.Бугубаева

*Институт физико-технических проблем и материаловедения НАН КР, г. Бишкек,
Кыргызская Республика*

В данной работе исследованы переработка твердых бытовых отходов (ТБО) на плазменном реакторе в двух вариантах, косвенный и прямой подача плазменного факела в ТБО, изучена температурная зависимости пиролиза от временны процесса.

Введение

В настоящее время все большее значение приобретают чистота среды обитания человека и повышение экологических показателей используемых им технологий. В связи с этим возникла проблема качественной переработки твердых бытовых отходов.

Существующие промышленные методы уничтожения, обезвреживания и утилизации отходов (полигоны, сортировка, земляная засыпка, сжигание, биотермическое компостирование, низко- и среднетемпературный пиролиз) не отвечает требованиям природоохранного законодательства. Анализ современных способов переработки ТБО показывает, что в настоящее время происходит смещение технологических аспектов в сторону существенного увеличения температур в реакционной зоне по сравнению с известными мусоросжигательными установками (например, в электрошлаковых печах, плазменные электротехнологии)[1]. Одновременно наблюдается функциональное разделение процессов на стадии, например, газификация органической части ТБО [2], с получением синтез-газа ($\text{CO}+\text{H}_2$) и последующее сжигание его в энергетических котлах или использование в качестве ценного продукта в химических производствах.

Переход на высокотемпературную (плазменную) технологию и новые технические решения для переработки углеродсодержащих отходов базируются на использовании в качестве окислителя связанного кислорода и паров с одновременным существенным повышением температур до 1600°C и выше. В настоящей статье предлагается перспективный метод плазменного высокотемпературного пиролиза.

Пиролизом называется явление термического разложения сложных химических соединений на более простые, без доступа кислорода или при его недостатке.

Очевидными преимуществами плазменной обработки отходов являются относительно малый вес теплогенерирующего элемента плазматрона (воздух), более интенсивное тепловыделение в сравнении с традиционными химическими источниками энергии и большая экологическая безопасность данного метода, так как при сжигании отходов с помощью плазматрона выделение вредных веществ в количествах, превышающих предельно допустимую концентрацию (ПДК) [3,4]. Возможно только при горении самих отходов, то есть исключается влияние процессов, происходящих при сгорании химического топлива.

Эксперимент

Для проведения экспериментов нами был использован плазменный реактор с воздушным плазматроном типа ПРС-75 в двух вариантах. Плазмообразующим газом являлся воздух. Мощность плазматронной горелки составляла 45 кВт, расход плазмообразующего газа (воздуха) устанавливали на уровне 1,5 г/с [5]. Данная мощность позволяла поддерживать температуру в рабочей части пиролизной печи на уровне $900 - 1100^\circ\text{C}$, что соответствует высокотемпературному пиролизу. Пиролиз проводили в двух вариантах 1) без соприкосновения плазмы с отходами, т.е. в тепловыделительной камере (рис.1),

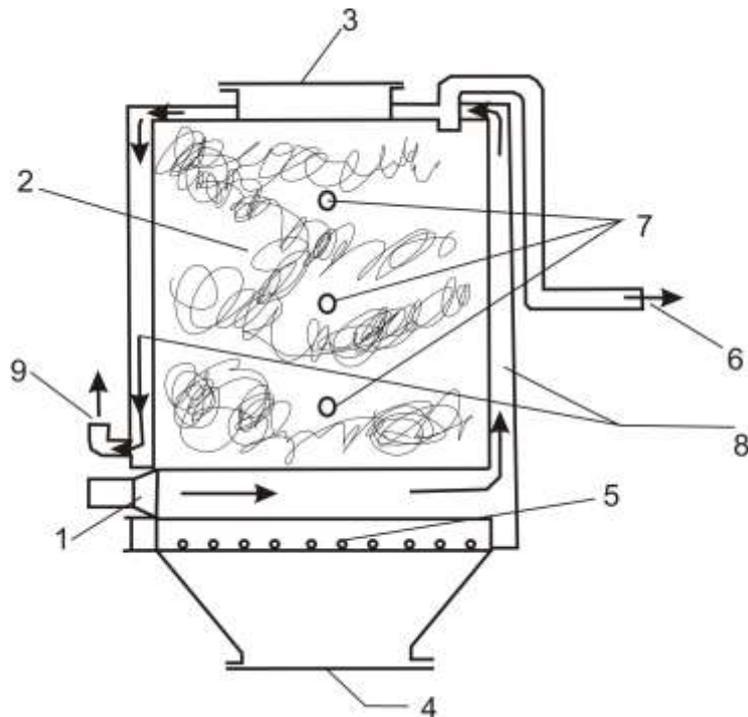


Рис. 1. Схема экспериментальной пиролизной установки с косвенным нагревом плазмой: 1 – плазматрон с насадкой; 2 – пиролизная камера; 3 – загрузочный люк; 4 – разгрузочный люк; 5 – колосниковая решетка; 6 – пиролизные газы; 7 – термопары; 8 – термокамеры для плазмы; 9 – выход газов.

2) плазменный факел был подан непосредственно в камеру с отходами (рис.2.). Это вызвало опасение, что при соприкосновении плазмообразующего газа воздуха с разлагающимися углеводородами произойдет не пиролиз, а обыкновенное сжигание отходов. Это было нежелательно, так как нашей задачей являлось получение горючего пиролизного газа и его дальнейшее использование в качестве топлива для других целей.

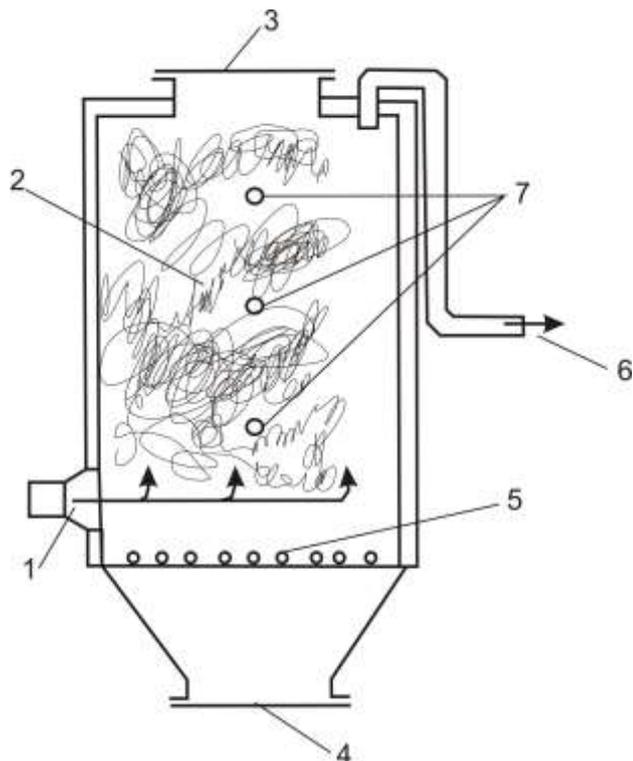


Рис. 2. Схема экспериментальной пиролизной установки с непосредственным нагревом плазмой (обозначение рис.1.).

В качестве отходов в герметичную пиролизную печь шахтного типа были загружены различные по морфологическому составу отходы: древесные опилки, бумажные отходы, пластиковые бутылки, пластмассовые изделия и комбинированные отходы (бумага, ветошь, резина, опавшие листья и др.)

При реализации первого варианта пиролиза газовыделение началось приблизительно через 40 мин работы плазматрона. Далее через 14 мин после выхода газов появились жидкостные фракции: вода с примесью смол. В этом режиме работа продолжалась с момента запуска 1ч 12 мин (здесь указано время активного выхода горючей фракции пиролизных газов).

Во втором варианте выделение горючего пиролизного газа CO , CH_4 началось практически сразу. Опасения, что соприкосновение плазмообразующего газа, содержащего кислород, с отходами приведет к переходу процесса пиролиза в обычное горение, не подтвердились вследствие небольшого расхода плазмообразующего газа. Это обстоятельство позволяет отдать предпочтение второму варианту переработки отходов, что подтверждают и литературные данные [6,7], особенно для низкотемпературного пиролиза.

Для полного понимания механизма пиролиза различных составляющих бытовых отходов нами были проведены серии экспериментов с отсортированными типами отходов по варианту непосредственного соприкосновения плазменного потока с обрабатываемым материалом.

В экспериментах использована не футерованная металлическая шахтная печь габаритами 50x50x100см (объем $V=0,25 \text{ м}^3$).

По высоте шахтной печи установлены три термопары для контроля за динамикой изменения температуры. Во время экспериментов загрузка печи, как правило производилась единовременно. Концентрации H_2 , CO , CO_2 , NO_x по газовому тракту измерялись газожидкостным хроматографом марки ЛХМ-80, снабженный детектором по теплопроводности дуальной системы [8].

Образующийся в печи синтез-газ из реакционной зоны с температурой более 1000°С попадает бак-отстойник, а затем вентилятором подается в камеру сжигания. После этого продукты сгорания через вентиляцию выбрасываются в атмосферу. Производительность экспериментальной печи по ТБО составляла до 80 кг/час.

Определены зависимость температуры центральной и краевой зоны камеры от плазматрона, объемная процентная концентрация горючих компонентов в пиролизных газах как функция времени (рис.3.).

Данные об изменении температуры и динамике выделения горючих компонентов приведены в таблице.

t, мин	T1°, С	T2°, С	T3°,С
1	40	40	40
2	100	40	40
3	300	40	40
4	450	40	40
5	600	55	40
6	700	75	42
7	750	80	45
8	800	100	50
9	860	200	100
10	870	800	550

Здесь: T1°, С– температура в центральной зоны камеры; T2°С, T3°С – температуры в краевой зоны камеры

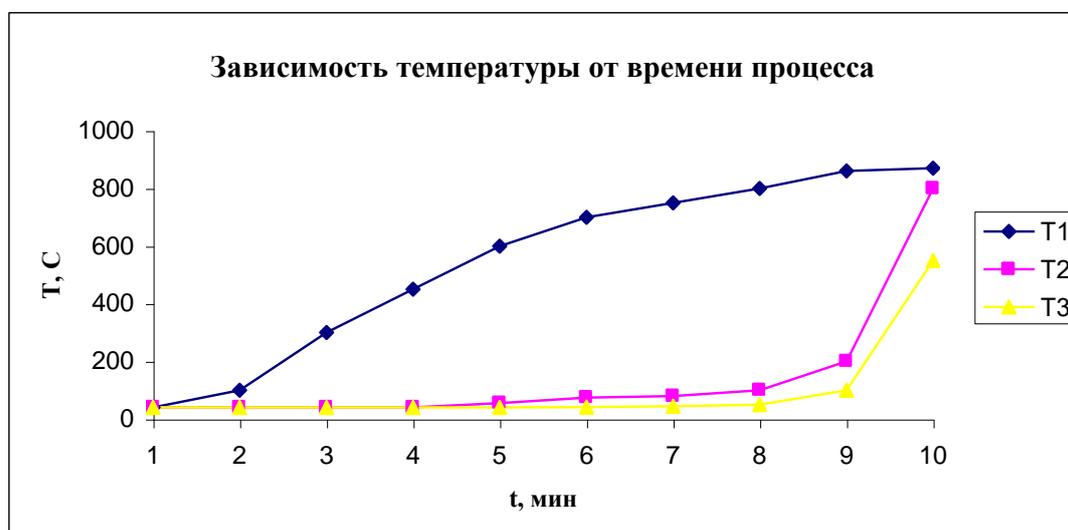


Рис. 3. Зависимость температуры камеры (Т) от времени процесса (t)

В соответствии с поставленной задачей нами был проведен анализ усредненных энергозатрат на переработку 1 кг отходов. В зависимости от их состава, степени влажности и т.п. электроэнергия, затраченная на пиролиз 1кг отходов, варьировала в пределах 1500 – 2000 кДж/кг. Тепловая энергия, получаемая при сжигании горючих газов, образующихся в процессе пиролиза 1 кг отходов, составляет 6000 – 8000 кДж. Налицо как минимум 3-кратное увеличение получаемой тепловой энергии. Если учесть малый вес газов, обуславливающий довольно простую доставку их потребителям, становятся очевидными перспективы плазменного пиролиза как способа утилизации твердых бытовых отходов.

Выводы

Разработана плазменная экспериментальная пиролизная установка в двух вариантах нагрева твердых бытовых отходов. Проанализирована температурная зависимость процесса от времени пребывания твердых бытовых отходов.

Литература

- 1.Чередниченко В.С., Аньшаков А.С., Кузьмин М.Г. Плазменные электротехнологические установки./Под ред. В.С.Чередниченко – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. - 508с.
2. Балан Р.К., Татыбеков А., Энгельшт В.С. Термодинамический анализ газификации и сжигания твердых бытовых отходов в атмосфере кислорода // Изв. НАН КР, 2007, №2, - с.68 – 75.
3. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. – М: Финансы и статистика, 1995, - 528 с.
4. Вредные химические вещества. Неорганические соединения 5-8 групп: Справочное изд. /А.Л.Бандман, И.В.Волкова и др. – Л: Химия, 1989. – 592 с.
5. Моссэ А.Л. Унифицированный ряд электродуговых плазматронов для плазменных нагревательных устройств / Припринт. - №6. – Минск, 1988. - 88с.
6. Аньшакова А.С., Чередниченко В.С., Переработка твердых бытовых отходов методом высокотемпературной (плазменной) газификации / Тезисы докл. Научно-практич. сем. «Утилизация отходов большого города». – М.: ВИМИ, 1993.
7. Dr. Salvador L. Camacho. Plasma pyrolysis of hydrocarbon wastes. IENCE Technical Conference at Wadham College. – Oxford. – England, 1990.
8. А.Т.Татыбеков. Плазменный пиролиз твердых бытовых отходов//Вестник КазНУ имени Аль-Фараби, серия физич. №2, 2006, стр.44 – 50.

ПЛАЗМАЛЫК РЕАКТОРДА КАТТЫ ТУРМЫСТЫК КАЛДЫКТАРДЫ КАЙТА ОНДЕУДЕН ОТКЕРУУ

А.Т.Татыбеков, М.А.Бугубаева

Осы жумыста катты турмыстык калдыктардын плазмалык реакторда еки турли, туз жане кыйгаш жол менен кайта ондеуден откери зерттелген. Ысыктын уакытына байланысты пиролиз жолы каратылган.

THE PROCESS OF THE HARD DOMESTIC WASTES ON PLASM REACTOR

A.T.Tatybekov, M.A. Bugubaeva

In this work the process the hard domestic waste on plasma reactor in two versions, oblique and straight feed of the plasma torch in hard domestic waste is researched and it learned temperature dependence of the pyrolyse from the temporarily process.