

ГАЗОВЫЙ РАЗРЯД С ВОДНОРАСТВОРНЫМ КАТОДОМ КАК ИСТОЧНИК ПАРОВОДЯНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ КОНВЕРСИИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СИНТЕЗ-ГАЗ

Тазмеев Х.К., Арсланов И.М., Тазмеев Г.Х., Хафизов И.К.

Набережночелнинский институт (филиал) К(П)ФУ, Россия, г. Набережные Челны

E-mail: tazmeevh@mail.ru

Аннотация. Экспериментально исследован газовый разряд с воднорастворным катодом в диапазонах токов (5-25 А) и мощностей (10 -35 кВт), приемлемых для плазменной газификации бытовых и промышленных отходов.

Введение. С каждым увеличивается дефицит энергоресурсов. Наметилась тенденция их ежегодного удорожания. В связи с этим у предприятий и организаций появляется интерес к альтернативным источникам энергоснабжения. Одним из таких источников может служить автоматизированная энергетическая система, состоящая из плазмохимического реактора и мини-ТЭЦ. Плазмохимический реактор позволяет перерабатывать бытовые и промышленные углеродсодержащие отходы синтез-газ, который непосредственно поступает в мини-ТЭЦ для выработки электроэнергии.

Газификация отходов отличается от сжигания тем, что в ней для создания высокотемпературной среды используется энергия плазмы. Высокая температура плазменного потока (выше 1700°C) обеспечивает термическое разложение всех сложных органических соединений и минимизирует вероятность образования сложных загрязняющих веществ.

Предпосылки исследованиям. Традиционно в процессах газификации отходов используется в основном электродуговая плазма [1-2]. Энергоноситель-плазма создается продувкой через дуговой разряд различных газов, в том числе и водяного пара. Пароводяная плазма является самым привлекательным вариантом в связи с тем, что ее применение обеспечивает целый ряд преимуществ. Пароводяная плазма не содержит балластные

компоненты (например, такие как азот в составе воздушной плазмы). Поэтому тепловая эффективность энергоносителя становится в значительной степени выше. В пароводяной плазме подавляются механизмы образования вредных окислов, таких как окислы азота и серы. Этим обеспечиваются самые благоприятные экологические условия. Пароводяная плазма обогащает синтез-газ водородом за счет окисления углерода сырья водяным паром: $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$. В результате увеличивается количество конечного продукта. Можно отметить и другие положительные эффекты, сопутствующие практическому применению пароводяной плазмы. Однако, на практике, при использовании водяного пара в электродуговых плазмотронах, возникают дополнительные технические трудности. В реальных промышленных установках в первую очередь необходим эффективный парогенератор для получения перегретого пара. Необходима защита тугоплавких электродов от прямого воздействия водяного пара. А также нужно принимать меры для предотвращения конденсации влаги на поверхностях токопроводящих элементов.

Использование плазмы газового разряда с жидким воднорастворным катодом позволяет избавиться от вышеперечисленных негативных моментов. При этом поток плазмы образуется из паров водного раствора [3].

Эксперимент. Разряд зажигался между поверхностью водного раствора и металлическим анодом. Съем тепла от водного раствора осуществлялся его вынужденной циркуляцией через теплообменник с фиксированным массовым расходом m . Межэлектродное расстояние составляло 10 см. Источником питания служил трехфазный двухполупериодный выпрямитель, подключенный к вторичным обмоткам повышающего трансформатора. Пульсации напряжения сглаживались С-L-С фильтром. Ток менялся ступенчатым варьированием балластного сопротивления. Для измерения электрических параметров применялась аппаратура и методика, подробно описанные в работе [4].

На рис.1 представлены некоторые результаты исследований, полученные при использовании в качестве катода водного раствора хлорида натрия с массовой концентрацией 0.5 %

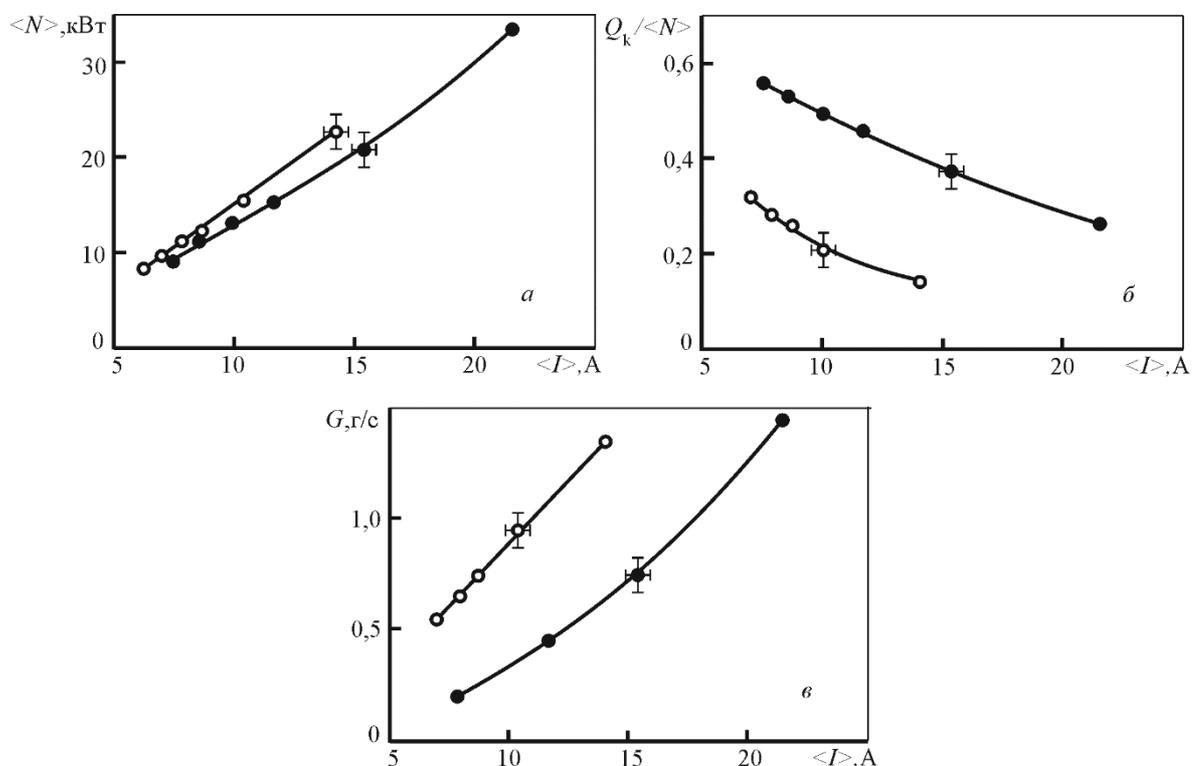


Рисунок 1. Зависимости от тока: мощности (а), доли тепловых потерь на катоде в энергетическом балансе (б) и потока плазмы (в). $m = 10 г/с$ (светлые кружочки) и $m = 30 г/с$ (темные кружочки).

При фиксированном m имеется некоторый предельный ток, выше которого нарушается стабильность горения разряда. Причиной является то, что в катодном узле раствор начинает кипеть. Увеличение потока раствора позволяет расширить диапазон стабильного горения разряда в сторону больших токов. Как видно из данных, представленных на рис. 1, при увеличении m от 10 до 30 г/с верхняя граница диапазона рабочих токов сдвигается от 14 до 22 А, а интервал мощностей расширяется от 23 до 33 кВт. При этом в энергетическом балансе предельные значения доли тепловых потерь на катоде увеличивается незначительно: от 0.15 до 0.3. Примечательно то, что доля тепловых потерь в энергетическом балансе практически такая же, как у дугового пароводяного плазмотрона [5].

Энтальпия среды в плазменном столбе над водным раствором может быть рассчитана по формуле $i = (\langle N \rangle - Q_k)/G$. Далее по энтальпии можно оценить среднемассовую температуру плазмы. Ее максимальное значение получилось в пределах 3000-3200 К.

Выводы. Установлены режимы горения газового разряда с воднорастворным катодом, при которых образуется поток пароводяной плазмы с энергетическими параметрами, приемлемыми для газификации углеродсодержащих отходов.

Список литературы

1. Альтовский Г.С., Бернадинер М.Н., Иванов В.В. Перспективы высокотемпературной паровой газификации отходов с использованием плазменных источников энергии. // ЭКИП. 2011. № 2. С. 8-11.
2. Артемов А.В., Переславцев А.В., Крутяков Ю.А. и др. Экологические аспекты плазменной переработки твердых отходов. // ЭКИП. 2011. № 9. С. 20-23.
3. Фридланд С.В., Тазмеев А.Х., Мифтахов М.Н., Тазмеев Х.К. О возможности переработки твердых отходов генераторами плазмы с жидкими электродами // Вестник машиностроения. 2006. № 7. С.72-73.
4. Тазмеев Х.К., Арсланов И.М., Тазмеев Г.Х. Электрические и спектральные характеристики газового разряда с жидким электролитным катодом в сильноточном режиме горения // Известия ВУЗов. Физика. 2014. Т. 57, № 3-2. С. 227-230.
5. Аньшаков А.С., Радько С.И., Урбах Э.К. и др. Электрические и тепловые характеристики генератора плазмы водяного пара с медными трубчатыми электродами // Известия ВУЗов. Физика. 2014. Т. 57, № 3-2. С. 40-41.

Gas discharge with a water-solution cathode as a source of steam-water plasma for conversion of carbon-containing wastes in synthesis-gas

Tazmeev Kh.K., Arslanov I.M., Tazmeev G.Kh., Hafizov I.K.

Naberezhnye Chelny Institute (Branch) K (P) FU, Russia, Naberezhnye Chelny

E-mail: tazmeevh@mail.ru

Annotation. The gas discharge with a water-solution cathode in the current ranges (5-25 A) and powers (10 -35 kW), acceptable for plasma gasification of domestic and industrial wastes, was experimentally studied.