

# ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ ПАРОПЛАЗМЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ И УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Чернец<sup>1</sup>, В.Н. Коржик<sup>1</sup>, Г.С. Маринский<sup>1</sup>, С.В. Петров<sup>1</sup>, В.А. Жовтянский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт электросварки им. Е.О.Патона Национальной академии наук Украины, ул. Боженко 11, 03680 Киев, Украина, e-mail: george@paton.kiev.ua

<sup>2</sup>Институт газа Национальной академии наук Украины, ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: zhovt@ukr.net

## РЕФЕРАТ

Плазменные технологии и оборудование, широко применяемые в металлургии, сварке и нанесении конструкционных и функциональных покрытий, в настоящее время находят все новые и новые области своего использования. Так, они представляются чрезвычайно перспективными для решения двух исключительно важных задач, стоящих перед современным обществом, а именно:

- Защита окружающей среды и переработка опасных, в том числе, что очень актуально, органических отходов;
- Создание новых альтернативных методов получения различного типа энергоносителей.

Среди твердых опасных отходов, постоянно образующихся в несметных количествах, значительную долю составляют органические вещества (пластиковая посуда и изделия, медицинские отходы, автомобильные шины и пр.). Только в США образуется порядка 3 млн. тонн медицинских отходов в год, в России и Китае – до 1 млн. тонн, во Франции – до 600 тыс. тонн. Не меньшую опасность представляют также и такие отходы, как запрещенные или непригодные для использования и целый ряд других высокотоксичных видов отходов.

Кроме того, существует серьезная проблема утилизации жидких

органосодержащих отходов с большими концентрациями органической или углеродсодержащей компоненты. Предприятия коммунального хозяйства, сельскохозяйственного производства, химической, легкой, перерабатывающей промышленности являются источниками загрязнения окружающей среды, ввиду образования большого количества жидких отходов, представляющих собой водные эмульсии органических и углеродсодержащих веществ и различные стоки.

Применяемые в настоящее время технологии очистки таких отходов, с одной стороны, не обеспечивают нормативов по предельно допустимым содержаниям вредных веществ и, с другой стороны, ввиду дороговизны существенно увеличивают себестоимость производимой продукции.

Вместе с тем, такие твердые и жидкие органические и углеродсодержащие отходы могут рассматриваться как источник получения энергоносителя – синтетического газа.

Для утилизации вышеописанных типов отходов разработаны два процесса, основанные на использовании дуговой плазмы в качестве источника нагрева для высокотемпературной газификации их органической или углеродсодержащей компоненты. Плазмообразующим газом в таких процессах является водяной пар.

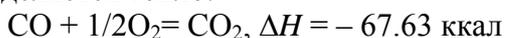
В первом случае пароплазменное оборудование для переработки опасных твердых органических отходов включает пароплазменный реактор с

механизмами загрузки и подачи отходов, выгрузки шлаков, плазменную установку с паровым плазматроном, специализированным источником электропитания мощностью 100-200 кВт, систему охлаждения и очистки выходящих газов, систему компьютерного управления и контроля, блок утилизации синтетического энергоносителя.

Выполненная оценка показывает, что для обработки (плазменной газификации) 1кг медицинских отходов (ориентировочный состав - 60% целлюлозы + 30% пластмасс + 10% жидкости) требуется около 1 кВт-час электроэнергии, которая расходуется на диссоциацию этих веществ с получением синтезгаза ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) в количестве 1,1 - 1,4  $\text{нм}^3$  из одного килограмма отходов. При этом происходит реакции пиролиза:

- целлюлозы  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{тепло} \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{CO} + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{C} \Rightarrow n\text{CO} + m\text{H}_2$
- полиэтилена  $\text{CH}_2\text{--CH}_2\text{--}]_n + \text{H}_2\text{O} + \text{тепло} \Rightarrow x \text{CH}_4 + y \text{H}_2 + z\text{CO} \Rightarrow n\text{CO} + m \text{H}_2$

При сгорании синтез-газа выделяется тепло:



с общей энергией  $\Delta H = -125.45$  ккал на один грамм-моль. Это соответствует 2800 ккал/ $\text{нм}^3$ , что эквивалентно 3,26 кВт-час электроэнергии. То есть, в результате пиролиза 1кг медицинских отходов, рассмотренного выше состава, образуется энергоноситель емкостью 3,59 – 4,56 кВт-час в пересчете на электроэнергию. Для обеспечения производительности установки порядка 200 тонн отходов в год, что соответствует потребностям средней клиники или передвижной установки, требуется плазматрон мощностью порядка 40 кВт и расход воды 30 кг/ч. С учетом К.П.Д., коэффициента мощности преобразователя и собственных нужд плазменной установки, потребляемая от

сети мощность составит:  $40,642 / (0.7-0.8) \approx 51 \div 58$  кВА.

Следует отметить, что на сегодня отсутствуют какие-либо другие технические средства кроме плазматронов для получения водяного пара с необходимыми термодинамическими показателями, и в данном случае речь идет об использовании, так называемой, "паровой" плазмы (т.е. плазмы, в которой в качестве плазмообразующего газа используется водяной пар).

Описанный процесс обеспечивает высокоэффективную (до 100%) переработку органических отходов (включая медицинские и другие опасные отходы) без эмиссии в окружающую среду таких вредных веществ, как диоксины, смолы, фенолы, аэрозоли и пр. При этом, в качестве целевого продукта образуются синтез-газ, который является ценным энергоносителем, а также безопасные твердые продукты переработки, пригодные для дальнейшего использования, например, в строительстве. В процессе переработки связываются и легко удаляются такие опасные элементы как хлор, фтор и др., входящие в состав многих пластических материалов. При газификации углесодержащих веществ водяным паром при высоких термодинамических параметрах в газовой фазе отсутствуют соединения серы - она полностью остается в твердом остатке (шлаке). Отсутствие балластного азота и свободного кислорода в реакционной камере устраняет проблему образования окислов азота. Процесс пароплазменной газификации не чувствителен к влажности обрабатываемых отходов. Использование пароплазменной конверсии позволяет ожидать значительно более высокую степень превращения материалов отходов (независимо от их состава) в целевой продукт синтез-газ. Это обеспечит новые технические средства для назначения

более жестких экологических норм по эмиссии токсичных веществ, в том числе диоксинов.

Использование синтез-газа, получаемого в процессе переработки, для автономного питания самого агрегата позволяет существенно снизить энергетические затраты на переработку отходов, тем самым сделав процесс практически энергонезависимым, а кроме того, одновременно организовать производство электроэнергии и жидкого топлива.

В качестве объекта для переработки с помощью предлагаемого процесса могут быть предложены различные

органические отходы, в том числе высокотоксичные и опасные: медицинские отходы (шприцы, перчатки, перевязочные материалы, органические остатки и пр.), пестициды и ядохимикаты, использованная пластиковая посуда и емкости, автомобильные шины, древесные стружки, другие бытовые и промышленные органические отходы.

Внешний вид пилотных агрегатов для пароплазменной обработки отходов представлен на рис. 1.



Рис. 1 Внешний вид агрегатов для пароплазменной переработки производительностью 50 и 100 кг/час

Во втором случае пароплазменный процесс для переработки жидких отходов основан на прокачивании водо-органической суспензии через разряд электродуговой плазмы. Электроды, между которыми происходит дуговой разряд, находятся внутри реактора, т.е. они погружены в жидкость. Молекулы жидкости и органики диссоциируют (разлагаются) до атомов, в основном состоящих из водорода, кислорода, углерода и др. возможных примесей (зависит от первоначального состава) в дуге. Электрический ток переводит индивидуальные атомы в ионизованное состояние, отрывая периферийные электроны от их ядер – образуется плазма

с температурой до 3900 °С. Поток плазмы через дугу обуславливает химические реакции. Кроме синтез-газа при такой обработке образуется водяной пар, который утилизируется в тепло, электричество с получением дистиллированной воды. Основы данного процесса разработаны профессором Ругерро Мария Сантilli в США в 1978 г. Задолго до этого сварщики замечали, что газ, который в пузырях всплывает на поверхность при подводной сварке, хорошо горит. Технологические основы горения стационарной электродуговой плазмы в поперечном потоке жидкости разработал украинский ученый Носуленко В.И. применительно к

размерной обработке деталей еще в 60 г.г. прошлого столетия.

Химический состав полученного газа, детально исследованный профессором Сантilli, следующий -  $H_2$  40-45%,  $CO$  55-60%,  $CO_2$  1-2%. Он зависит от жидкости, использованной для его производства. В качестве сырья используются жидкие отходы (отходы всех типов масел, антифриза, растворителей, нефтешламы, отходы растительных масел, отходы молочной перерабатывающей промышленности, жировые эмульсии и стоки мясоперерабатывающих предприятий, сахарных заводов, жидкие отходы крупных комплексов по выращиванию животных, в том числе свинокомплексов, водные суспензии из отстойников, жидкие фильтраты из мусоросвалок и т.п.).

Испытания такого синтетического газа в качестве газообразного топлива для автомобилей показало, что он по экологической чистоте (содержанию углеводородов, оксида и диоксида углерода, оксидов азота и т.п. в выхлопных газах) существенно превосходит бензин и метан. Один литр

бензина эквивалентен  $1,0 - 1,3 \text{ м}^3$  такого синтетического газа (в зависимости от состава исходного сырья).

Авторами разработан реактор модульного типа (установка ПЛАЗЕР 201) мощностью 50 – 100 – 150 кВт для переработки водных органосодержащих суспензий с получением синтез-газа с улучшенными свойствами. Такая установка, перерабатывающая 28 литров жидких органосодержащих (углерод содержащих) суспензий, производит  $28 \text{ м}^3$  при мощности 100 кВт. В одном нормальном метре кубическом полученного синтетического горючего содержится около 7382 ккал. В одном литре бензина содержится около 8858 ккал. Следовательно, бензиновый эквивалент (в литрах) горючего газа составляет  $8858/7382 = 1,2 \text{ м}^3/\text{л}$ . Поэтому, работая при 100 кВт, перерабатывающая установка может произвести за 5 рабочих дней, работая 24 часа в сутки,  $5 \times 24 \times 28 = 3360 \text{ м}^3$  экологически чистого горючего газа или в бензиновом эквиваленте 2800 л. Внешний вид агрегата представлен на рис. 2.



Рис. 2 Внешний вид агрегата для плазменной переработки жидких органосодержащих суспензий