

УДК 621.365.9

Исследование технологии уничтожения инфицированных материалов в низкотемпературной плазме

А.С. Аньшаков¹, П.В. Домаров^{1,2}, В.А. Фалеев¹

¹*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск*

²*Новосибирский государственный технический университет*

E-mail: Domaroff@yandex.ru

В статье представлены результаты экспериментальных исследований уничтожения инфицированных медицинских материалов с помощью низкотемпературной плазмы. Показана возможность использования плазменной технологии для переработки инфицированных медицинских отходов. При плазменном уничтожении указанных материалов происходит их гарантированное биологическое обеззараживание с получением химически инертного безопасного шлака.

Ключевые слова: электродуговой плазмотрон, газификация, медицинские материалы, плазменно-термическая электропечь.

Введение

Важное место с точки зрения экологии занимает обезвреживание и уничтожение техногенных образований и отходов. Одним из видов техногенных отходов являются медицинские инфицированные материалы. Уничтожение этого вида отходов актуально всегда. Необходима безопасная утилизация/уничтожение медицинских масок, одноразовых шприцов и других медицинских материалов. В рамках закона № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» все медицинские отходы подлежат обязательному уничтожению, безопасному для окружающей среды. Одним из возможных путей утилизации медицинских материалов является использование для этих целей плазменно-химических реакторов или плазменно-термических печей.

Оптимальной технологией по безопасности, производительности и энергоэффективности является плазменная технология, о чем свидетельствует 20-томная серия «Низкотемпературная плазма» под редакцией М.Ф. Жукова, а также всесоюзные и международные конференции по генераторам и технологиям плазмы. При плазменной утилизации/уничтожении материалов отличительной особенностью является наличие в составе установки электродугового нагревателя газа — плазмотрона, который позволяет нагревать газ до нескольких тысяч градусов. Это его свойство используется для повышения

среднемассовой температуры в пределах 1500 – 1700 К в реакционной зоне плазменного устройства для разложения опасных химических соединений до простейших компонентов. Например, для разложения диоксинов и канцерогенов необходима температура \approx 1500 К в течение 2 секунд. Для получения расплава неорганической части отходов (шлака) требуется температура 1700 – 2000 К и более.

Научные разработки и исследования по плазменной переработке/утилизации/уничтожению различного состава отходов и получению новых материалов проводятся во многих организациях нашей страны и за рубежом, поэтому нет смысла приводить в кратком сообщении обзор работ по тематике исследований. По переработке медицинских отходов усредненного состава к пионерским можно отнести работу [1] и свежую публикацию [2] со списками литературы.

В период пандемии COVID-19 накопились инфицированные медицинские материалы, требующие уничтожения. Поэтому Минздрав НСО объявил конкурс на разработку технологии и проведение испытаний утилизации/уничтожения медицинских масок и одноразовых шприцов, как наиболее распространенных расходных материалов в медицинских учреждениях. Работа по теме конкурса и определила цель исследований и экспериментальных испытаний технологии для получения экологически чистых веществ.

Использование плазменной технологии для переработки, обезвреживания и уничтожения опасных (инфицированных) медицинских материалов требует проведения комплекса испытаний эффективной и экологически безопасной электроплазменной установки на экспериментальном стенде.

Описание экспериментальной установки

Работа выполнялась на экспериментальной установке производительностью до 20 кг/ч для газификации твердых органических отходов [3]. Принципиальная схема плазменно-термической установки представлена на рис. 1. Внутренняя камера электропечи имеет две соединенные между собой футерованные камеры. В реакционную камеру электропечи через загрузочное устройство подавались порции упакованного в картон перерабатываемого материала. Прогрев рабочей камеры плазменной электропечи и футеровки осуществлялся электродуговым воздушным плазмотроном мощностью до 50 кВт. Выделяющийся в зоне газификации синтез-газ отбирался из камеры печи (на рис. 1 процесс обозначен стрелкой) в блок очистки центробежно-барботажного аппарата (ЦБА) 1 со щелочным раствором, параллельно — на многокомпонентный газоанализатор 3 типа «ТЕСТ-1». Объемное процентное содержание компонентов газа определялось с помощью газоанализатора в режиме реального времени. Замеры температуры T и определение состава газа проводились вдоль газового тракта (3 на рис. 1). Образовавшийся в процессе переработки указанных отходов зольный остаток под воздействием струи плазмы с температурой 4000 К переплавляется в инертный шлак. Кроме вышеперечисленного

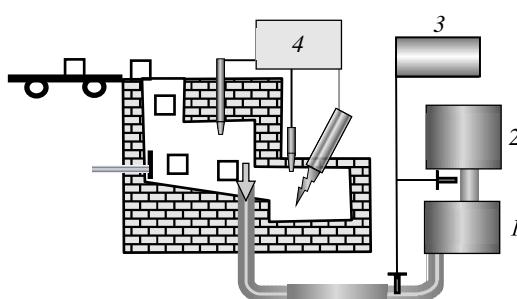


Рис. 1. Схема электроплазменной установки.

1 — блок очистки ЦБА, 2 — дожигатель газов, 3 — газоанализатор, 4 — плазмотрон.

оборудования, в состав установки входили: источник электропитания для плазмотрона 4, пульт управления к нему, система газо- и водоснабжения, газоанализатор, термопары, система приточной и вытяжной вентиляции, пульт управления подачей отходов, дожигатель газов 2, охладитель дымовых газов.

Экспериментальные исследования

Проведенный анализ элементного состава заказанных медико-биологических отходов, а именно медицинских масок и одноразовых шприцов, показал, что медицинские маски изготавливаются из полимеров с широким молекулярно-массовым распределением, таких как полипропилен, а одноразовые медицинские шприцы — из поливинилхлорида, который также относится к полимерным материалам.

Перед началом проведения эксперимента камера печи и футеровки прогревались до рабочей температуры. По достижении температуры 1500 К в камеру печи загружались упакованные медицинские материалы (шприцы, маски). Загрузка осуществлялась порционно с определенным промежутком времени. На рис. 2 изображены показатели газоанализатора для H_2 , CH_4 , CO , CO_2 , O_2 в объемных процентах в зависимости от времени.

Технологический эксперимент проводился после достижения температуры газа в реакционной зоне электропечи значения ≈ 1500 К. Разрыв на экспериментальных кривых рис. 2 обусловлен переключением газоанализатора с мест забора газа на анализ (рис. 1). Отбор дымового газа с $T \approx 1500$ К на анализ выполнялся через водоохлаждаемую трубку диаметром 4 мм, поэтому происходило существенное падение температуры — примерно на 200 градусов. Это являлось причиной высокого содержания метана (левая часть рис. 2). Из графика видно, что при достижении уровня высоких температур в химическом составе полученного газа отсутствуют компоненты NO и NO_2 , что полностью подтверждается расчетами и экспериментальными данными [2].

Химический состав получаемого газа при высокой температуре в камере печи имеет наилучшие показатели. При увеличении температуры до 1200–1300 °C в камере плазменной электропечи элементный состав отходящих газов составил: CO_2 — 4,5 %, O_2 — 0,5 %, CO — 22 %, H_2 — 14,5 %, CH_4 — 23 %, NO — 0 ppm, NO_2 — 0 ppm. К числу товарных продуктов утилизации/уничтожения медицинских масок и шприцов относятся

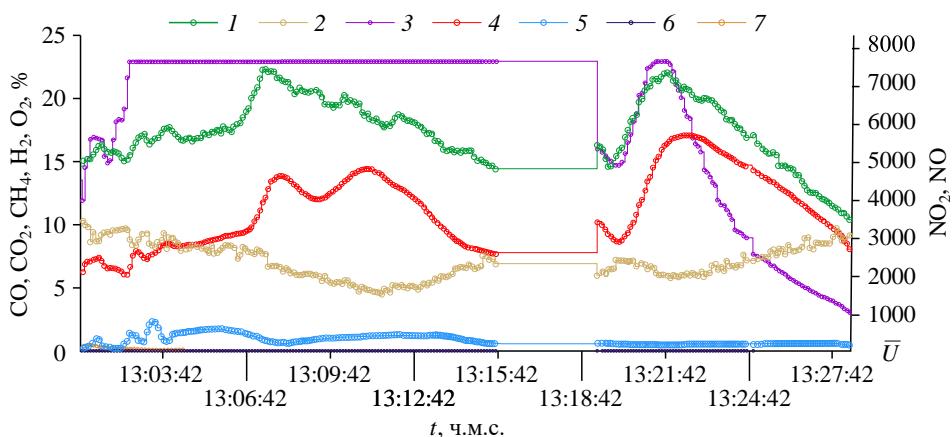


Рис. 2. Показания газоанализатора при температуре 1500 К.

1 — CO, 2 — CO₂, 3 — CH₄, 4 — H₂, 5 — O₂, 6 — NO₂, 7 — NO.

также синтез-газ и инертный шлак. По результатам экспериментов установлено, что газ не содержит оксидов азота и имеет малое содержание двуокиси углерода. Пики на графике рис. 2 объясняются дискретной подачей упакованных отходов.

При газификации основной массы материалов наблюдаются пики теплотворной способности синтез-газа и других газов, затем происходит их постепенное уменьшение аналогично картине, приведенной в работе [3]. Указанные пики вызваны тем, что при экспериментальных исследованиях отходы подавались в камеру газификации плазменной электропечи порционно через определенные промежутки времени. Для обеспечения постоянства калорийности синтез-газа необходимо обеспечить непрерывную подачу отходов через определенные промежутки времени.

Заключение

1. Выполнены экспериментальные исследования и получены новые результаты по использованию плазменной технологии для утилизации/уничтожения конкретных инфицированных материалов. Получены наилучшие показатели по составу отходящих газов и удельным энергозатратам на уничтожение испытываемых материалов (2,45 кВт·ч/кг). При плазменном уничтожении указанных материалов происходит их гарантированное биологическое обеззараживание с получением химически инертного безопасного шлака. Имеющимися средствами диагностики опасные компоненты веществ в отходящем газе не обнаружены.

2. Показана возможность использования электроплазменной технологии для уничтожения инфицированных медицинских материалов (медицинских масок и шприцев). Установлено, что электроплазменная установка производительностью 20 кг/час может служить основой для разработки промышленной технологии уничтожения медицинских отходов.

Список литературы

1. Лукашов В.П., Ващенко С.П., Багрянцев Г.И., Пак Х.Ц. Плазмотромическая переработка твердых отходов // Экология и промышленность России. 2005. С. 4–9.
2. Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Бодыкбаева М.К. Плазмохимическая переработка отходов: численный анализ и эксперимент. Часть 1. Медико-биологические отходы и топливная масса // Теплофизика и аэромеханика, 2023. Т. 30, № 1. С. 195–204.
3. Алексеенко С.В., Аньшаков А.С., Домаров П.В., Фалеев В.А. Экспериментальная плазменная установка для газификации органических отходов с дискретной подачей их в газификатор // Теплофизика и аэромеханика. 2019. Т. 26, № 6. С. 991–995.

*Статья поступила в редакцию 15 июня 2023 г.,
после доработки — 23 октября 2023 г.,
принята к публикации 21 ноября 2023 г.*