

## Утилизация отходов методом плазменной газификации

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Хранение и утилизация отходов является одной из наиболее острых проблем не только для нашей страны, но и для всего человечества. Прямая переработка или сжигание огромных количеств отходов технически весьма проблематична, экологически опасна и экономически неэффективна. Поэтому требуется неотложное решение проблемы утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) при обеспечении наиболее экономически и экологически эффективной переработки с получением полезной продукции.

Для эффективного обезвреживания отходов необходимы технологии, наносящие минимальный экологический ущерб окружающей природной среде. Традиционные способы сжигания таких отходов (рис. 1) имеют существенный недостаток. Если температура недостаточно высока, то помимо оксидов азота и углерода возможно образование фосгена, дибензофуранов, диоксинов, бензопирена и других очень токсичных продуктов в количествах, значительно превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). При этом на стадии газоочистки применяется большое количество скрубберов, фильтров, содержащих катализаторы, и прочего специального дорогостоящего оборудования, хотя при этом требуется очистить большие массы дымовых газов от сравнительно небольшого количества вредных примесей.

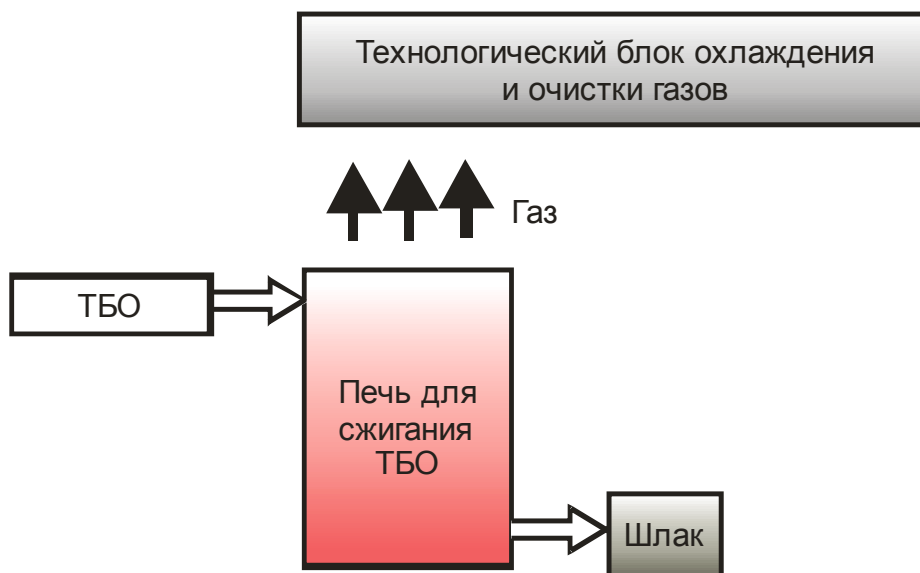


Рис. 1. Схема сжигания отходов

Анализ показывает, что одним из наиболее перспективных направлений, выходящих на ведущие позиции в мире при переработке опасных отходов, представляются плазменные технологии.

Плазменно-термическая технология предназначена для утилизации промышленных отходов, отходов потребления, твердых бытовых, медицинских, слабоактивных и других токсичных отходов. Это мощный термический процесс, не являющийся сжиганием, использующий высокие температуры в среде с недостатком кислорода для полного разложения поступающих отходов до самых простых молекул. Интенсивность и универсальность плазменной технологии позволяет перерабатывать многочисленные потоки отходов надежным и безопасным способом. Любые органические и неорганические вещества могут быть утилизированы в плазме при высокой температуре, которая достигается применением электродуговых генераторов плазмы – плазмотронов.

Уровень температур в реакционной зоне  $1600^{\circ}\text{C}$  и выше позволяет вести глубокую переработку веществ до простейших соединений, исключить жесткие требования к подготовке отходов для переработки, устранить образование оксидов азота и существенно снизить затраты на очистку отходящих газов. При переработке бытовых и промышленных углеродсодержащих отходов реализуется высокотемпературный пиролиз органической части с получением калорийного синтез-газа для последующего его сжигания в энергетических котлах. Неорганическая составляющая отходов в виде жидкого шлака является экологически чистым товарным продуктом, например, для строительных работ. Плавление зольного остатка позволяет получить химически инертные остеклованные вещества.

Термодинамический анализ процесса плазменной переработки отходов показал возможность образования оксидов металлов и смеси паров кислот в условиях воздушного, инертного и восстановительного теплоносителя\*. Во всех случаях газовая фаза, кроме плазмообразующего газа, содержит также  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$  и  $\text{HCl}$ , которые могут быть легко сконденсированы.

По технологической схеме (см. рис. 1) строятся практически все мусороперерабатывающие заводы. При этом мусор (ТБО) после предварительной сортировки утилизируется с получением тепловой энергии, которая может быть использована для нагрева воды и получения электрической энергии. Образующиеся шлаки чаще всего являются токсичными.

Модернизировать эту схему переработки ТБО можно, включив в тракт газоотвода от мусоросжигательной печи плазмотрон (рис. 2).

При этом утилизация ТБО происходит в два этапа. На первом этапе происходит традиционное сжигание ТБО в печи, а на втором – в плазмотроне дожигаются образующиеся токсичные газы, где сложные молекулярные соединения разбиваются до простых молекул.

После реализации этой схемы кроме получения горячей воды и электроэнергии есть возможность получать синтез-газ. Применение дожигания шлака с помощью плазмотрона позволяет получать остеклованные нетоксичные отходы, которые можно использовать в качестве наполнителей в дорожном строительстве и при строительстве зданий и сооружений.

---

\* Власов В.А., Сосновский С.А., Тихомиров И.А. Переработка техногенных отходов в условиях низкотемпературной плазмы ВЧ разряда. – Томск, Томский политехнический университет

В настоящее время все большее применение находит метод переработки ТБО путем плазменной газификации (рис. 3).

При этом установка для плазменной переработки отходов должна состоять из следующих основных блоков:

- плазмотрона;
- плазменного реактора;
- системы подачи сырья в плазменный реактор;
- технологического блока, предназначенного для охлаждения и очистки отходящих газов;
- системы энергообеспечения установки, которая включает в себя систему электроснабжения установки, поджига плазмотрона, газо- и водоснабжения, а также дистанционного контроля и управления рабочими параметрами установки.

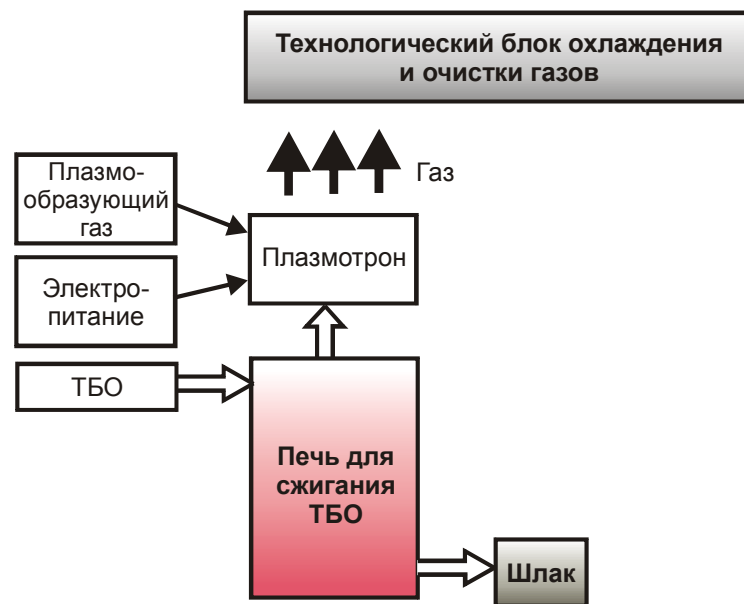


Рис. 2. Комбинированная схема переработки отходов

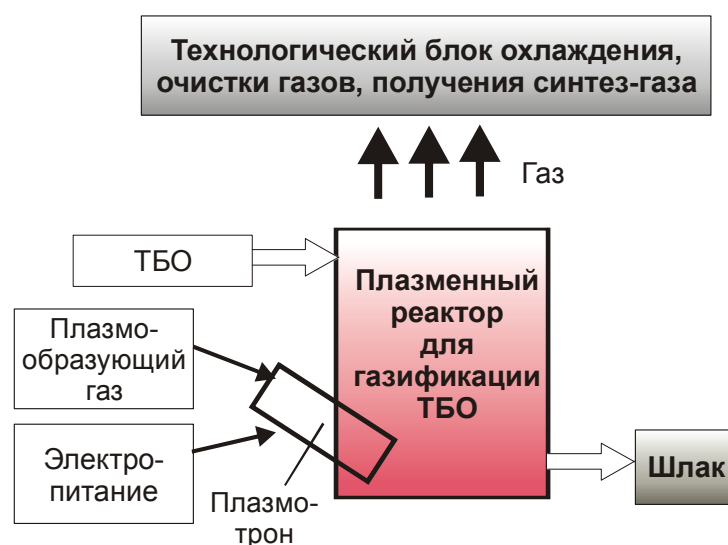


Рис. 3. Схема плазменной газификации отходов

Существуют самые разнообразные модификации плазмотронных установок, принцип их конструкции и порядок работы заключается в следующем: основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, вольфрама, углерода, иногда полые. В камеру под определенным давлением в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживаются постоянное давление и температура. На выходе из камеры стоит блок для охлаждения и очистки газов.

Основной проблемой при плазменной переработке отходов является малый ресурс работы электродов в технологических плазмотронах вследствие сильной эрозии материала электродов. Это приводит к необходимости замены катодов и анодов через цикл работы оборудования. Кроме того, при работе плазмотрона потребляется большое количество энергии.

В настоящее время в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» подобран специальный состав материала электродов, который позволяет существенно увеличить срок работы плазмотрона, изготовлены опытные образцы и проводятся экспериментальные исследования по различным вариантам утилизации отходов.

### **Заключение**

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Особенности плазменных технологий применительно к переработке отходов дают ряд преимуществ, таких, как возможность переработки отходов без их предварительной сортировки и дробления, а также с большим содержанием неорганических компонентов.

2. Эти технологии обладают рядом преимуществ. Температура плазменной струи способна полностью разрушить любые органические и биологические материалы, гарантированно уничтожить самые токсичные вещества, переплавить и испарить самые тугоплавкие неорганические соединения, значительно сократить объем отходов в целом. Процесс плазменного пиролиза обеспечивает экологически чистую переработку отходов без образования смол, диоксинов, аэрозолей и прочего, степень очистки – до 99,9999%.

3. Продуктом плазменной газификации являются высококалорийный горючий синтез-газ (смесь  $H_2 + CO$ ) и нейтральный твердый остаток в виде остеклованного шлака. Газ может использоваться как эффективный источник получения электроэнергии или в качестве сырья для получения синтетического моторного топлива и др. Шлак можно гранулировать и направлять в строительство, а металлический расплав использовать для выпуска сплавов, лигатур, рафинирующего передела и др.

4. Установки плазменной газификации являются модульными и требуют весьма малого пространства, удобны в обслуживании и ремонте, легко адаптируемы к конкретным условиям потребителя.