

Ситдиков Ж.Ж., Мессерле В.Е.,
Устименко А.Б., Баймулдин Р.В.

Технология переработки углеродсодержащих отходов

На сегодняшний день рост численности населения на планете и интенсификация человеческой деятельности в связи с научно-технической революцией неминуемо приводят к резкому росту антропогенного влияния на природу. Антропогенное воздействие превышает регенерационные возможности природной среды. Настоящая статья представляет собой обзор технологий переработки различных отходов. На начальном этапе большинство образующихся отходов проходят всевозможную сортировку на полезное вторичное сырье (металл, стекло, бумагу, полимеры и пластики) и утилизируемую органическую часть. Сортировке подвергают промышленные и бытовые отходы, которые можно идентифицировать. Однако существует ряд опасных отходов, которые не подвержены сортировке. К ним относятся медико-биологические и радиоактивные отходы. Современные технологии позволяют не только уничтожить опасные отходы, но и получить материальные и энергетические ресурсы. Наиболее перспективной из них является высокотемпературная плазменная переработка отходов. Она является практически единственной технологией переработки отходов, гарантирующей уничтожение опасных биологических, биохимических, химических продуктов и супертоксикантов – бенз(а)пиренов, фуранов, диоксинов и диоксиноподобных веществ. Плазменная газификация углеродсодержащих отходов обеспечивает получение высококалорийного и экологически чистого синтез-газа. Синтез-газ может быть использован в качестве энергетического газа, исходного реагента для синтеза синтетических жидких топлив и экономичного энергоносителя для современных электрогенераторов. Оставшаяся зола перерабатывается в гранулированный шлак или керамическую плитку.

Ключевые слова: углеродсодержащие отходы, плазменная переработка, термическая переработка, пиролиз, синтез-газ, обезвреживание отходов, компостирование, диоксины, фураны, бенз(а)перены.

Sitdikov Zh.Zh., Messerle V.Ye.,
Ustimenko A.B., Baimuldin R.V.

Technology for processing carbon-containing waste

Today, population growth on the planet and the intensification of human activities in connection with the scientific and technological revolution inevitably leads to a sharp increase in the anthropogenic impact on the environment. Human impact exceeds the regeneration capabilities of the natural environment. This article is review of technologies for processing of different waste. Initially, all kinds of waste sorting on secondary raw materials (metal, glass, paper, plastics and polymers) and utilized organic part. Sorting is subjected to industrial and municipal waste that can be identified. However, there are a number of hazardous wastes that are not subject to sorting. These include biomedical and radioactive waste. Modern technologies make it possible not only to destroy hazardous waste, but also to get the material and energy resources. The most promising of them is high-temperature plasma processing of waste. It is practically the only waste processing technology that guarantees the destruction of dangerous biological, biochemical, chemical products and super toxicants – benz(a)pyrene, furans, dioxins and dioxin-like substances. Plasma gasification of carbonaceous waste produces high-energy and environmentally friendly synthesis gas. Synthesis gas can be used as an energy gas, a raw reagent for the synthesis of synthetic liquid fuels and an economical energy carrier for modern power generators. The remaining ash is processed into granular slag or ceramic tile.

Key words: carbonaceous waste, plasma processing, thermal treatment, pyrolysis, synthesis gas, disposal of waste, composting, dioxins, furans, benz(a)pyrene.

Ситдиков Ж.Ж., Мессерле В. Е.,
Устименко А.Б., Баймулдин Р.В.

Құрамында көміртегі бар қалдықтарды өңдеу технологиясы

Бүгінгі таңда ғылыми және технологиялық революцияға байланысты жер бетінде адам қызметінің қарқындап, халық санының өсуіне алып келді. Бұл сәйкесінше, қоршаған ортаға антропогендік әсердің күрт өсуіне әкеледі. Антропогендік әсер, қоршаған ортаның қайта қалпына келу мүмкіншілігімен салыстырғанда жоғары. Бұл мақала көміртегі бар қалдықтарды қайта өңдеу технологиясына арналған. Бастапқыда, пайда болған қалдықтар металл, шыны, қағаз, пластик және полимерлер түрінде сұрыпталады. Сұрыптау тек қана құрамы анықталатын қалдықтар үшін жүргізіледі. Көп жағдайда, бұл өндірістік және тұрмыстық қалдықтар. Алайда, құрамын анықтау қиын және қауіпті бірқатар қалдықтар кездеседі. Бұл қатарға көп жағдайда биомедициналық қалдықтар жатады. Қазіргі заманғы технологиялар қауіпті қалдықтарды жоюмен қатар, материалдық және энергетикалық ресурстарды бөліп алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: көміртекті қалдықтар, плазмалық өңдеу, термиялық өңдеу, пиролиз, синтез-газ, қалдықтарды залалсыздандыру, компостерлеу, диоксиндер, фурандар, бензоперендер.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕ- РОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Введение

В природных экосистемах отходы не накапливаются, а разлагаются и рециклируются, т.е. осуществляется круговорот биогенов. Человечество раньше избавлялось от отходов, используя регенерационные возможности природной среды. Но демографический взрыв и научно-технический прогресс привел к тому, что в окружающую среду поступает такое огромное количество отходов, которое превосходит возможности естественных экосистем. Важным звеном в круговороте веществ в живой природе являются детритофаги (животные, простейшие, водоросли и грибоподобные организмы), усиливающие доступность органических веществ для переработки бактериями. В экосистемах детритофаги выполняют роль консументов (организмы, потребляющие готовые органические вещества), как и животные, питающиеся «живой» органикой. От остальных консументов детритофаги отличаются тем, что не уменьшают продукцию своих ресурсов. Существуют переходы между детритофагами и редуцентами (бактериями и грибами), а также переходы между детритофагами, которые питаются мертвым веществом, и консументами, которые потребляют поселяющиеся на детрите бактерии и грибы. Проблему нейтрализации отходов усугубляет производство все большего количества вредных веществ (видов и объемов), которые не разрушаются или разрушаются очень медленно в результате естественных процессов (в природе нет соответствующих детритофагов и редуцентов). Чтобы удовлетворить ежегодные потребности каждого живущего на земле человека в пище, одежде, жилье, обеспечить его культурные и эстетические потребности, используется примерно 20 т различного природного сырья. Добыча полезных ископаемых удваивается во всем мире каждые 15 лет. Соответственно с этим увеличиваются и объемы отходов, которые условно можно разделить на промышленные и бытовые.

Методы переработки отходов

Накапливание промышленных и бытовых отходов является наиболее серьезной экологической проблемой, стоящей перед

человечеством. Они в большинстве случаев обладают такими нежелательными свойствами, как токсичность, канцерогенность, мутагенность, коррозионность, реакционная способность, пожароопасность.

Существуют множество различных способов утилизации промышленных и бытовых отходов [1-6]. На начальном этапе некоторая часть отходов идет на вторичную переработку, однако большая их часть подвергается различным методам утилизации и обезвреживания. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки и применяется в зависимости от химического состава отходов, физических свойств и степени вредного действия на окружающую экосистему. К наиболее распространенным методам утилизации отходов относятся:

1. Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему обезвреживанию или использованию (утилизации), путем помещения их в специальные хранилища без возможного извлечения в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

2. Утилизация и обезвреживание отходов методом нейтрализации. Одним из ярких методов нейтрализации является компостирование и нейтрализация кислот и щелочей, которые нейтрализуют друг друга.

3. Термическая переработка (сжигание) – наиболее распространенный вид переработки отходов. Благодаря тому, что большая часть отходов легко подвергается термическому уничтожению, в результате применения этого метода происходит значительное уменьшение их начального веса и объема.

Несмотря на преимущества и недостатки, каждый из этих методов имеет право на существование.

Промышленные и бытовые отходы, поддающиеся идентификации, проходят различные стадии сортировки на специализированных мусоросортировочных заводах для выделения легко утилизируемых категорий мусора: вторичного сырья и органической части. Оставшаяся часть отходов проходит процесс обезвреживания с последующим захоронением. В большинстве случаев обезвреживание отходов происходит методом прямого сжигания, которое с экологической точки зрения, играет весьма спорную роль в системе уничтожения отходов и сохранении экосистемы.

Известно, что при производстве различных лекарственных препаратов образуются не только

подлежащие дальнейшей утилизации вещества и продукты, но и разнообразные отходы: токсичные маточные растворы, кубовые остатки, фильтровальные ткани, активированный уголь и другие. Большое количество разнообразных отходов образуется в госпиталях и больницах в результате оказания медицинской помощи больным и как результат обслуживания медицинских приборов и оборудования. Это могут быть пищевые отходы и перевязочные материалы, в том числе содержащие микробы и вирусы, а также различные виды отходов, содержащие использованные терапевтические медикаменты, в том числе с радиоактивными элементами, такими как ^{14}C , ^{35}P , ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{137}Cs и другие. Среди перечисленных видов отходов 50 – 60 % по объему составляют жидкости, 10 – 20 % – газы и 20 – 30 % – твердые вещества.

Данная проблема осложняется тем, что уже накопленные и хранящиеся твердые медицинские отходы, как правило, не отсортированы и в ряде случаев имеют весьма сложный состав, неподдающийся точной идентификации. В таких случаях этот состав подвергается всевозможной термической переработке.

К термической переработке отходов можно отнести:

- сжигание,
- низкотемпературный пиролиз,
- высокотемпературный пиролиз (плазменная переработка).

Преимуществом сжигания является то, что оно подходит для некоторых острых инфицированных, токсичных, фармацевтических отходов, цитостатиков. Во многих случаях сжигание является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов. При этом необходимо наличие высокоэффективной системы очистки газодымового выброса для устранения токсичных выбросов. После сжигания значительно сокращается объем и вес отходов.

Главным недостатком данного метода является образование и выброс сажи, токсичных и пахнущих веществ, летучей золы, диоксинов, фуранов, бенз(а)пирена, тяжелых металлов, полиароматических углеводородов (при неэффективной системе очистки газодымовых выбросов). Острые и колющие отходы сохраняют риск физического поражения. Большую часть полимерных отходов, для предотвращения образования токсичных соединений и запаха, сжигать нельзя. Этот метод неприменим для многих видов фармацевтических и химических отходов.

Недостатком метода является также то, что требуется дорогостоящая система очистки газовых выбросов.

Для огневого обезвреживания отходов широко применяются промышленные тепловые агрегаты, такие как асфальтовые или цементные печи, паровые котлы, циркуляционные печи с псевдоожиженным слоем, вращающиеся обжиговые печи. При температуре в таких печах и устройствах 1000-1200 °С, дожигание образующихся летучих органических соединений проводят во вторичных камерах с дополнительной подачей топлива и окислителя. В некоторых случаях для повышения температуры в горелках воздух обогащают кислородом.

Проведенные исследования, требуют критического отношения к огневому обезвреживанию токсичных отходов в связи с возможностью вторичных процессов образования чрезвычайно вредных соединений: диоксинов, фуранов и бенз(а)пирена [2, 4]. Недостатком огневого обезвреживания является также использование дополнительного топлива (обычно природного газа), что значительно увеличивает объемы отходящих газов, а соответственно значительно возрастает нагрузка на систему газоочистки, ее размеры, материалоемкость и стоимость.

Для низкотемпературного пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукокс) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первичной смолы – ценного жидкого топлива, и для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука [3].

Преимущество пиролиза, по сравнению с непосредственным сжиганием отходов заключается, прежде всего, в его эффективности с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. С помощью пиролиза можно перерабатывать компоненты отходов, неподдающиеся утилизации, такие как автопокрышки, пластмассы, отработанные масла, отстойные вещества.

Пиролиз применим для переработки анатомических и инфекционных отходов и их эффективного обезвреживания. При пиролизе отходов достигается сокращение объема и массы (более чем на 95 %). Можно осуществлять рекуперацию тепла. Запахи и дым не образуются. Без доступа воздуха – нет условий для образования диоксинов и прочих токсичных веществ. Пиролиз неприменим для фармацевтических, хими-

ческих, токсичных отходов, т.к. осуществляется неполное разрушение цитостатиков.

Плазменная переработка отходов (твердых бытовых, медицинских и опасных отходов) это новый способ утилизации опасных отходов, который по существу, представляет собой газификацию отходов [3-6]. Данный способ является наиболее перспективным, поскольку технологическая схема подобного производства не предъявляет каких-либо жестких требований к исходному сырью и позволяет получить вторичную энергию в виде нагретого водяного пара или горячей воды. Плазменная газификация углеродсодержащих отходов может обеспечить получение высококалорийного и экологически чистого синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$). Отношение H_2/CO в синтез-газе можно регулировать исходным составом рабочей смеси (отходы + окислитель) и температурой процесса газификации. Полученный газ может быть использован в качестве высококалорийного энергетического газа, исходного реагента для синтеза синтетических жидких топлив, а также экономичного энергоносителя для электрогенераторов на основе твердооксидных топливных элементов. Оставшаяся зола может быть переработана в гранулированный шлак или керамическую плитку.

По сути, это и есть оптимальный вариант комплексной переработки отходов, представляющий собой полную экологически чистую утилизацию отходов с получением тепловой энергии и различных полезных продуктов из самого «бросового» сырья – бытового мусора.

Выводы

Низкие экологические показатели и ограниченное число отходов, состав которых приемлем для использования в существующих печах, приводят к поискам и разработкам новых технологий утилизации отходов.

Проблема полного уничтожения токсичных отходов актуальна, прежде всего, с точки зрения отрицательного воздействия их на окружающую среду. Из известных способов наименьший вред окружающей среде наносит высокотемпературный (плазменный) метод переработки отходов. Основой данной технологии является плазменный термохимический окислительный пиролиз органической части отходов (высокотемпературная газификация) с образованием горючих компонентов, а неорганическая часть при этом переводится в инертный расплав и остекловывается. Проведенные

исследования и испытания показали высокую эффективность плазменной технологии переработки отходов различного происхождения, таких как отработанные автомобильные шины, осадки сточных вод, металлургические шлаки, зола и шлаки после сжигания твердого топлива и бытовых отходов, металлическая стружка, медицинские и ветеринарные отходы, включая инфицированный материал, пестициды и другие ядохимикаты с истекшим сроком годности, асбестсодержащие материалы, стойкие органические загрязнители, отходы растворителей лакокрасочных изделий, загрязненные почвы,

смешанные отходы, отходы нефтепереработки, радиоактивные отходы, отравляющие и взрывчатые вещества. Таким образом, практически все виды отходов, образующиеся в различных сферах производства, могут быть подвержены плазменной переработке.

Высокотемпературная плазменная переработка отходов – это практически единственная технология переработки отходов, гарантирующая уничтожение опасных биологических, биохимических, химических продуктов и супертоксикантов – бенз(а)пиренов, фуранов, диоксинов и диоксиноподобных веществ.

Литература

- 1 Davidson G. Waste Management Practices: Literature Review. Dalhousie University – Office of Sustainability, 2011. – 59 p.
- 2 Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) / Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 9 – 2015). Москва: Бюро НДТ. – 2015. – 249 с.
- 3 Мессерле В.Е., Моссэ А.Л., Устименко А.Б. Плазменная газификация углеродсодержащих отходов. Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – Выпуск 1 (16). – Днепропетровск: «НПВК Триакон», 2015. – С. 195-199.
- 4 Моссэ А.Л., Савчин В.В. Плазменные технологии и устройства для переработки отходов. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 411 с. – ISBN 978-985-08-1856-0
- 5 Мессерле В.Е., Моссэ А.Л., Никончук А.Н., Устименко А.Б. Плазмохимическая переработка медико-биологических отходов. Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т.88, № 6. – С. 1420-1424.
- 6 Аньшаков А.С., Фалеев В.А., Даниленко А.А., Урбах Э.К., Урбах А.Э. Исследование плазменной газификации углеродсодержащих техногенных отходов. Теплофизика и аэромеханика. – 2007. – Т. 14, № 4. – С. 639 – 650.

References

- 1 G. Davidson, Waste Management Practices: Literature Review, Dalhousie University, Office of Sustainability, 59 p., 2011.
- 2 Neutralization of waste thermally (incineration) / Information and technical reference for the best available techniques (ITS 9 – 2015). Moscow: Bureau NDT, 2015, 249 p. (in russ).
- 3 V.E. Messerle, A.L. Mosse, A.B. Ustimenko, Modern science: investigations, ideas, results, technologies, 1 (16), 195-199, (2015).
- 4 A.L. Mosse, V.V. Savchin, Plasma technologies and devices for waste processing, Minsk: Belaruskaya navuka, ISBN 978-985-08-1856-0, 411 p., 2015. (in russ).
- 5 V.E. Messerle, A.L. Mosse, A.N. Nikonchuk, A. B. Ustimenko, Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 88(6), 1471-1475. (in russ).
- 6 A.S. An'shakov, V.A. Faleev, A.A. Danilenko, E.K. Urbakh, A.E. Urbakh, Thermophysics and Aeromechanics, 14(4), 607–616, (2007). (in russ).