УДК 504.064.4; 658.567

Д.А.БАРАНОВ

Московский государственный университет инженерной экологии

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ТВЕРДЫХ СМЕШАННЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЯДОВИТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Рассматриваются вопросы разработки экологически чистой технологии переработки смешанных твердых отходов, содержащих металлические включения, способом плавления их в холодном тигле.

The possibility of melting of SMW and SMRW containing metal scrap (more than 50 %), ceramics and organics with the aim of volume reduction and vitrification into ICCM using plasma induction or induction (2400 Hz) alone heating has been demonstrated.

В настоящее время переработка и захоронение твердых смешанных радиоактивных и ядовитых отходов является весьма актуальной и сложной проблемой. В большинстве случаев такие отходы имеют весьма разнородный состав, включающий металлы, керамику и органические вещества. Очевидно, что перед их захоронением было бы крайне целесообразно перевести эти отходы в максимально компактную форму. Такую форму можно получить, расплавив отходы и закристаллизовав получившийся в результате технологического процесса расплав.

Цель настоящего исследования – создание принципиально нового процесса и оборудования для экологически безопасной технологии переработки твердых смешанных отходов, содержащих ядовитые вещества.

Создание более эффективного оборудования для плавления отходов достигается в результате кардинального решения проблемы долговечности плавильного тигля. Разработанный холодный тигель собран из вертикальных медных секций, электрически изолированных друг от друга тонким слоем диэлектрика. Поэтому тигель становится прозрачным для электромагнитного поля, энергия которого выделяется непосредственно в загруженном в холодный тигель материале и нагревает его. Температура внутренней стенки тигля в ходе плавки поддерживается на низком уровне (не более 150 °С) за счет протока большого количества охлаждающей воды по каналам, расположенным внутри каждой секции тигля. Днищем тигля служит также медный водоохлаждаемый поддон, что исключает химическое взаимодействие между тиглем и расплавляемым в нем материалом. Применяемый диапазон частот (1000-10000 Гц) абсолютно безопасен для человеческого организма.

Срок службы холодных тиглей 8-12 лет. При переработке твердых смешанных отходов это практически исключает образование нового типа отходов в виде отработанных тиглей, загрязненных радиоактивными веществами. Успешно проведенные эксперименты полупромышленного масштаба по осуществлению металлотермических процессов со сливом шлака через верх тигля и непрерывной вытяжкой восстановленного металла в виде слитка дают основание для создания процесса переработки твердых смешанных отходов в непрерывном режиме.

За отчетный период выполнен проект и изготовлена экспериментальная пилотная установка для переработки твердых смешанных отходов, включающая следующие

основные части: загрузочное устройство; герметичная плавильная камера; плавильный узел (холодный тигель с индуктором) со сливным устройством; механизм перемещения поддона тигля; система водяного охлаждения; система очистки отходящих газов; система силового питания; система контроля и управления.

Твердые смешанные радиоактивные отходы и стеклообразующие материалы загружают в холодный тигель и расплавляют, нагревая индукционными токами. Применение индукционных токов относительно низкого диапазона частот обеспечивает интенсивное электромагнитное перемешивание металлического расплава. Это создает оптимальные условия для массообмена между металлической и шлаковой фазами и способствует быстрому и полному переходу радиоактивных элементов в последнюю. Поскольку шлаковые расплавы являются весьма агрессивной химической средой, попадая в нее, органические вещества очень быстро разлагаются. При наличии достаточного количества окислителя продукты разложения органики окисляются непосредственно в шлаковом расплаве до экологически безопасных газов. Для перевода радиоактивных элементов в оксидную форму и сжигания продуктов разложения органической фракции отходов в расплав подают газообразный окислитель. Продукты плавки выдерживают в расплавленном состоянии до полного разделения на два слоя: нижний – металлический и верхний – стекло. Затем включают механизм перемещения поддона и поднимают расплав вверх до полного слива только слоя стекла через отверстие в стенке холодного тигля в специальный контейнер. Поддон с металлическим расплавом опускают ниже зоны индуктора, в результате чего он кристаллизуется. На образовавшийся слиток загружают новую порцию твердых смешанных отходов и стеклообразующих материалов, и цикл плавки повторяется. Заполненный стеклом контейнер отводится из-под сливного желоба и на его место устанавливается порожний. Остановка плавителя производится только после достижения металлическим слитком предельной высоты. После этого металлический слиток на поддоне опускается вниз до выхода из холодного тигля и снимается с поддона. Поддон устанавливается в исходное положение, и цикл переплава отходов повторяется.

Перед началом процесса переработки в холодном тигле, снабженном перемещающимся поддоном (как правило, металлическим водоохлаждаемым), готовится расплав, состоящий из двух слоев: металлического и неметаллического. В этот расплав загружается порция твердых отходов. Подбором соответствующих составов металлической и неметаллической фаз расплава обеспечиваются условия, при которых неметаллическая фракция загружаемых в расплав отходов, включающая керамику, органику и другие вещества, в том числе радиоактивные и ядовитые, будет, в основном, растворяться в неметаллической, а металлическая фракция отходов – в металлической фазе расплава. Одновременно с этим в неметаллическом расплаве под действием высокой температуры и агрессивной химической среды происходит разложение сложных органических соединений, в том числе и ядовитых, до более простых. Эту операцию следует проводить в восстановительной атмосфере. Далее, после подачи в расплав расчетного количества окислителя, произойдет их окисление до экологически безопасных газов, а также окисление ядовитых и радиоактивных элементов с переходом их в шлаковую фазу.

Эксперименты проводили в вакуумной индукционной печи с холодным тиглем диаметром 190 мм, мощностью источника питания 630 кВт и частотой тока 2400 Гц.

В состав исходной шихты в качестве имитатора твердых смешанных отходов входили эллипсовидные брикеты размером $50 \times 30 \times 20$ мм в количестве 15 кг.

Приведенные данные эксперимента подтверждают предположение о том, что получаемые в результате переплава твердых смешанных отходов металлические слитки будут практически полностью очищены от радиоактивных элементов и могут быть повторно использованы для изготовления контейнеров для сбора и хранения радиоактивных отходов.

Таким образом, предложенная технология позволяет в одном аппарате – индукционной печи с холодным тиглем – осуществлять следующие операции:

- плавление твердых смешанных отходов с концентрированием радиоактивных элементов в шлаковой фазе;
- доведение состава шлаковой фазы до требований, предъявляемых к остекловывающим массам, применяемым для окончательного захоронения радиоактивных отходов;
- сжигание органических веществ до экологически безопасных газов. В случае наличия в отходах ядовитых веществ шлаковая фаза доводится до состава, соответствующего требованиям, предъявляемым к сырьевым добавкам, применяемым в строительстве или других отраслях промышленности.

Результаты проекта в виде высокоэффективной технологии и аппаратов для ее осуществления могут получить расширенное использование на предприятиях атомной энергетики, предприятиях переработки твердых бытовых отходов. Кроме того, принципы предлагаемого способа могут быть использованы в технологических процессах металлургической, горно-химической и в других отраслях промышленности.

Результаты работы планируется широко использовать в учебном процессе при чтении лекций по курсу специализаций, лабораторном практикуме, а также при работе аспирантов и студентов-исследователей.

По результатам работы предполагается подготовить лабораторную работу по методам измерения концентраций компонентов в твердых отходах; учебно-методическое пособие «Технология и оборудование для переработки промышленных и бытовых твердых смешанных отходов».

Результаты исследований планируется использовать в курсах специальностей 170500, 320700, 330200, а также дисциплине «Инженерная экология городского хозяйства».