

ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ВЧ РАЗРЯДА

В.А. Власов, С.А. Сосновский, И.А. Тихомиров

Томский политехнический университет

634034, г.Томск, пр. Ленина, 30, ФТФ, каф.23, ssa777@mail.ru

В последние годы в России и за рубежом значительно возросло количество предложений по применению высокочастотных плазмохимических установок (ВЧ-ПХУ) различной конструкции для переработки промышленных токсичных отходов.

Целесообразность применения ВЧ-ПХУ объясняется следующими параметрами и выгодно отличающихся от печей сжигания:

- малая инерционность при запуске и остановках процесса;
- малые весогабаритные характеристики ВЧ-ПХУ;
- возможность боксирования и полной автоматизации процесса, что, в свою очередь, обеспечивает необходимую локализацию выбросов токсичных веществ при аварийных ситуациях.

При получении диспергированной продукции в условиях ВЧ плазмотронов были решены проблемы (с помощью ультразвукового поля АМ-плазмы ВЧ разрядов) по очистке и футеровке внутренних стенок плазмотронов, по управлению гранулометрическим составом и фракционной сепарации полученных порошков.

Проведённый нами анализ известных конструктивных схем плазменных реакторов для переработки жидких и газообразных сред в условиях высоких температур, а также литературных данных по исследованию высокотемпературного плазменного гидролиза солей металлов показал, что для проведения процесса переработки техногенных отходов в виде фтор-хлорсодержащих соединений наиболее проста и экономична конструктивная схема ВЧ плазменного реактора работающего в режиме прямотока.

Следует отметить, что данные о поведении различных оксифторидов и оксихлоридов металлов в условиях низкотемпературной плазмы ВЧ-разряда немногочисленны и не позволяют с достаточной степенью достоверности предсказать состав компонентов реагирующей смеси при различных температурах.

С этой целью были проведены термодинамические расчеты равновесных составов в системе, содержащей, в общем случае, элементы Н, О, N, Cl, F, Ti, V, Mo, Mn, Al в различных сочетаниях, применительно к плазмотермическому процессу. Расчёты проводили с помощью программы "Астра-3" и TermGraf, разработанной на каф.23 ФТФ ТПУ.

Термодинамический анализ данного процесса показал возможность образования оксидов металлов и смеси паров кислот в условиях воздушного, инертного и восстановительного теплоносителя.

Одновременно выяснилось, что высокая летучесть фторидов Ti, V, Mo, Mn, Al приводит к протеканию реакции в газовой фазе, что ведёт к образованию ультрадисперсных (-нано) порошков оксидов данных металлов. Во всех случаях газовая фаза, кроме плазмообразующего газа, содержала также H₂O, HF и HCl которые могут быть легко сконденсированы. Проведённые теоретические исследования показывали перспективность использования плазменной переработки техногенных отходов в виде фтор-хлорсодержащих соединений, образующихся в технологии редких тугоплавких металлов.

Разработанная ВЧ-ПХУ для полной переработки техногенных отходов состоит из трех блоков: плазмотрона, плазмохимического реактора и системы очистки и переработки газов.

Основным блоком ВЧ-ПХУ является ВЧ плазменный прямоточный реактор, в котором плазма и утилизируемые вещества находятся в виде газов, паров и распыленных

в воздухе жидкостей. Основой для проектирования таких реакторов и определения параметров процесса являются данные термодинамических и кинетических расчетов.

Вследствие относительно высокой объемной мощности установок плазмохимического уничтожения отходов, токсичность отработавших газов невелика. Поэтому их очистка не представляет в настоящее время сложной технической проблемы. Особенностью плазмохимического способа является то, что выхлопные газы и твердые дисперсные материалы могут присутствовать в более концентрированном виде, чем при пламенном способе утилизации. Это упрощает как проблему обезвреживания этих веществ, так и утилизацию наиболее ценных из них.

Коэффициент полезного действия ВЧ - установок зависит от конструкции плазмотрона, диаметра разрядной трубки и расхода газа. Работы над созданием новых конструкций учитывали ряд следующих требований направленных на повышение надежности и долговечности ВЧ-плазмотронов:

- 1) обеспечение надежного поджига ВЧ-разряда;
- 2) снижение эрозии электрода и разрядной камеры,
- 3) повышение устойчивости и стабильности горения разряда;
- 4) увеличение полезного объема разряда;
- 5) снижение тепловых потерь в плазмотроне.

Этим поставленным требованиям отвечает ряд конструкций высокочастотных факельных (ВЧФ) плазмотронов, разработанных и внедренных сотрудниками кафедры 23 физико-технического факультета Томского политехнического университета под руководством д.ф.-м.н., профессора В.А. Власова и д.ф.-м.н., профессора И.А. Тихомирова.

ВЧ факельный разряд существует в широком диапазоне частот питающего высокочастотного электромагнитного поля (от единиц до сотен МГц) и широком диапазоне давлений.

Переработки веществ, вводимых в виде дисперсных материалов, осуществляется по всей зоне формирования ВЧФ- разряда. Одним из примеров таких конструкций является ВЧФ - плазмотрон с полым трубчатым электродом, предназначенный для переработки диспергированных веществ.

Принципиально конструкция ВЧФ- плазмотрона с полым трубчатым электродом представляет собой металлическую трубу в трубе, что создает благоприятные условия подвода ВЧ- энергии в зону разряда, т.к. электрод, выполненный в виде трубы, экранирован и ВЧ- мощность не рассеивается.

В отличие от плазмотронов со стержневыми электродами, плазмотрон с полым трубчатым электродом практически не ограничен по мощности, т.к. приэлектродное пятно разряда формируется и перемещается по внутренней кромке массивного диффузора, которым заканчивается электрод. При таком перемещении даже при больших мощностях ВЧ- энергии, подведенной к электроду, эрозия электрода практически отсутствует.

Плазмотрон по своей конструкции технологичен, т.к. формирование разряда идет не только в разрядной камере, но и внутри электрода. Это способствует повышению устойчивости горения разряда, улучшению согласования плазмотрона с ВЧ- генератором; проведению плазмохимических процессов в зоне формирования ВЧФ- разряда, создающему обширную область плазмообразования и достаточно высокий уровень концентрации мощности; значительному увеличению времени пребывания частиц перерабатываемого материала в реакционной зоне, необходимое для осуществления технологического процесса. Все это указывает на универсальность такой, принципиально новой, конструкции плазмотрона.