

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЛОТНОЙ УСТАНОВКИ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ НОВУЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ТВЕРДЫХ СМЕШАННЫХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЯДОВИТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Проведены лабораторные эксперименты на пилотной установке, позволившие обосновать параметры переработки смешанных твердых отходов, содержащих ядовитые вещества, по новой экологически чистой технологии (плавление в холодном тигле индукционной печи).

Laboratory experiments have been carried out with application of a pilot unit, which helped to justify processing parameters for mixed solid waste containing toxic substances according to innovative environmentally-friendly technology (melting in cold pot of induction-arc furnace).

Проблема переработки и захоронения промышленных и бытовых твердых смешанных отходов (ТСО), содержащих радиоактивные и ядовитые вещества является одной из важнейших экологических проблем. В большинстве случаев такие отходы имеют весьма разнородный состав, включающий металлы, керамику, органические и аморфные вещества. Очевидно, что в процессе их утилизации было бы крайне целесообразно перевести их в максимально компактную и безвредную для окружающей среды форму.

Предлагаемая принципиально новая экологически безопасная технология переработки ТСО, содержащих радиоактивные и ядовитые вещества, в индукционной печи с холодным тиглем* обеспечивает следующие процессы:

- перевод всех радиоактивных элементов в шлаковую фазу;

* Баранов Д.А. Разработка экологически чистой технологии и оборудования для переработки промышленных и бытовых твердых смешанных отходов, содержащих ядовитые вещества // Записки Горного института. СПб, 2004. Т.158.

- доведение шлаковой фазы с помощью флюсов до состава, соответствующего требованиям, предъявляемым к стекловидным матрицам, предназначенным для длительного хранения радиоактивных отходов;

- превращение металлической фракции в дезактивированный компактный слиток;

- при переработке отходов, не содержащих радиоактивных веществ, доведение шлаковой фазы с помощью флюсов до состава, соответствующего требованиям, предъявляемым к сырьевым добавкам, применяемым в строительстве;

- превращение образующихся при термическом разложении органических и ядовитых веществ токсичных газов в экологически безопасные продукты (преимущественно H_2O и CO_2) непосредственно в плавителе, что позволяет уменьшить нагрузку на систему дожигания и очистки отходящих газов.

Основная цель лабораторных экспериментов на разработанной пилотной установке состояла в следующем:

- доказать возможность плавления твердых смешанных отходов с разделением

продуктов плавки на металлический слиток и стеклоблок;

- изучить распределение стабильных изотопов радиоактивных элементов и опасных для здоровья человека и окружающей среды тяжелых металлов среди металлического слитка, стекла и газовой фазы;

- исследовать состав газообразной фазы, образующейся при плавлении твердых смешанных отходов.

С этой целью была подготовлена шихта (масса 15 кг), в состав которой входили в качестве имитатора ТСО брикеты следующего состава:

	Доля, %
Органика растительного происхождения	13,8
Гранулы ПВХ	13,8
Силикат натрия	13,8
Перлит	13,8
Железный порошок	13,8
Оксид алюминия	10,0
Порошок алюминия	2,0
Кварцевый песок	5,5
Портландцемент	5,5
Активированный уголь	6,2
Хлористый цезий	0,315
Хлористый кадмий	0,315
Хлористый свинец	0,315
Треххлористый хром	0,315
Хлористый церий	0,225
Хлористый никель	0,315

Кроме того, к шихте добавляли 3 кг боросиликатного стекла для иммобилизации имитаторов радиоактивных элементов и тяжелых металлов и 10 кг пластин углеродистой стали для увеличения содержания металлической фазы в шихте для ее более эффективного нагрева индукционными токами.

Анализ распределения элементов (Pb, Cd, Cs и Ce) между продуктами индукционной плавки (в металлическом слитке указанные элементы не обнаружены) подтвердил, что получаемые в результате переплава ТСО металлические слитки будут практически полностью очищены от радиоактивных элементов и могут быть повторно использо-

ваны для изготовления контейнеров для сбора и хранения радиоактивных отходов.

Для описания процесса нагрева твердых материалов в высокочастотном электромагнитном поле была разработана математическая модель процесса. При ее составлении учитывалось, что переработка ТСО заключается в процессе нагрева и расплавления исходных материалов. При этом можно выделить следующие основные процессы, протекающие при их переработке:

- возбуждение кольцевых вихревых токов в объеме печи;
- превращение токов во внутренние источники теплоты;
- химические, фазовые и структурные превращения смеси порошков.

Трем вышеуказанным процессам соответствуют три различных задачи: электромагнитная, электротепловая и фазоразделения. Моделирование процесса переработки ТСО включает совместное решение электромагнитной задачи для всей системы, внутренней электротепловой задачи, задачи внешнего теплообмена и задачи фазоразделения расплава. Первые два процесса определяют нагрев ТСО, причем предполагается, что процесс фазоразделения начинается только после полного расплавления исходных материалов.

Отдельной проблемой являлась разработка математической модели процесса фазоразделения. В процессе переработки ТСО под действием силы тяжести происходит разделение жидких продуктов плавки: металла, который может быть повторно использован в различных отраслях промышленности, и шлака, содержащего опасные и вредные вещества. Для повторного использования металла необходимо, чтобы фазоразделение было полным, т.е. металл не содержал шлаковых включений. При построении модели фазоразделения принимались следующие упрощающие допущения:

- расплав шлака представляет собой сплошную среду;
- капли металла имеют одинаковые размеры и распределены в расплаве шлака равномерно;

- начальное распределение температуры расплава равномерно;
- движение частиц (капель) металла независимо.

Движение частиц дисперсной фазы в сплошной среде может приближенно рассматриваться как независимое, что позволяет применить уравнения, описывающие движение одиночных частиц, к движению группы частиц.

Результаты исследований в виде высокоэффективной технологии и аппаратов для ее осуществления могут быть внедрены на предприятиях атомной энергетики и переработки ТСО. Кроме того, принципы предлагаемого способа могут быть использованы в технологических процессах металлургической, горно-химической и ряда других отраслей промышленности.