

## Многофункциональный автоматизированный комплекс для обезвреживания техногенных отходов цветных, черных металлов и твердых бытовых отходов (ТБО)

З.Г. Салихов (ИПУ РАН)

*Обоснована актуальность проблемы избавления от вредных для жизнедеятельности человека промышленных и бытовых отходов. Для решения проблемы предложено использовать двухзонные печи Ванюкова, имеющие серьезные преимущества перед другими современными технологиями. Отмечено, что в России имеется значительный опыт эксплуатации таких печей, проводились длительные научные исследования технологии и принципов автоматического управления.*

*Ключевые слова: печь Ванюкова, утилизация твердых бытовых отходов, автогенная плавильная печь.*

### Введение

В нашей стране накоплено > 250 млрд. т отходов, экологически опасных для человека и окружающей среды. Ситуация с твердыми бытовыми (ТБО) и техногенными отходами складывается катастрофическая:

- общая площадь свалок и полигонов составляет 197 тыс. га;
- площадь нарушенных земель — > 2 млн. га;
- ежегодный объем несанкционированных свалок составляет >40 млн. т ТБО;
- выбрасываемые в атмосферу диоксины и фураны превышают предельно-допустимые концентрации в 100...2000 раз.

Для решения создавшейся ситуации правительство России рассматривает возможность приобретения сверхдорогих комплексов, разработанных в Японии. Однако в России имеется собственная хорошо отработанная автоматизированная технология, которая много лет успешно применяется в цветной металлургии, но может быть адаптирована для переработки техногенных и бытовых отходов без выбросов опасных для здоровья населения газов (например, диоксинов).

### Печь барботирующей жидкой ванны Ванюкова

Вопросы экологии давно стоят на повестке дня. Еще в 1970-1980 гг. в СССР была сформулирована задача минимизации экологически вредных отходов для окружающей среды и людей, вырабатываемых промышленными предприятиями. Одним из первых решений этой проблемы было внедрение «технологии Ванюкова» — автогенной плавильной печи для переработки медных, медно-никелевых и медно-цинковых концентратов. Плавка происходит в шлако-штейновой ванне печи, куда интенсивно подается кислородно-воздушная смесь. Печь представляет собой один из вариантов агрегата плавки в жидкой барботируемой ванне. Технология предложена советским металлургом Андреем Владимировичем Ванюковым.

В 1977 г. на Норильском никелевом комбинате были внедрены две первые промышленные печи, эксплуатирующиеся до настоящего времени.

В 2000 г. металлургический комбинат «Южуралникель» был остановлен из-за забастовок населения г. Орска по при-

чине недопустимой концентрации вредных веществ и, как следствие, высочайшего уровня заболеваемости и смертности. Постановлением правительства РФ от 8 июня 1996 г. № 658 была принята «Федеральная целевая программа (ФЦП) "Оздоровление экологической обстановки и населения Оренбургской области в 1996–2000 гг."».

В ходе реализации этой программы в 2005 г. с участием ФГУП «Уралникельпроект», ИПУ РАН, ООО НЭП «ЭКОСИ» в ОАО Южуралникель (г. Орск) была разработана и внедрена в промышленную эксплуатацию автоматизированная двухзонная (плавильная и восстановительная зоны) печь Ванюкова (ОПК-ПВ). Площадь подины модернизированной печи составил 26 м<sup>2</sup>, а производительность — 700 тыс. т/г. Перерабатываемое сырье — окисленная мелкодисперсная бедная руда Буруктальского месторождения содержала 1% никеля и 0,06% кобальта (остальное — пустая порода — аналог ТБО). Печь перерабатывала такое сырье 8 лет, за это время истощились запасы и без того бедного сырья, произошло многократное падение цены никеля на Лондонской бирже металлов, прибыль ОАО «Южуралникель» резко снизилась, и ОПК ПВ была остановлена.

В период работы печи в г. Орске научные группы под руководством проф. Быстрова В.П. и проф. Салихова З.Г. проводили исследования, основываясь на практических данных. В результате была разработана усовершенствованная многозонная печь Ванюкова, значительно превышающая по всем показателям другие зарубежные разработки в этой области [1–3]. Мировые приоритеты этих разработок закреплены в патентах на изобретения РФ.

Кратко рассмотрим принцип работы [1] автоматического комплекса на основании печи Ванюкова.

Материалы (отходы и флюс) непрерывно загружают в печь на поверхность шлакового расплава с начальной температурой 1400 °С, интенсивно перемешиваемого кислородно-воздушным дутьем, которое подают непосредственно в объем расплава через дутьевые устройства. Происходит замешивание загружаемых материалов в шлаковый расплав, полное плавление и терморазложение опасных соединений в шлаковых расплавах с флюсами. Образующийся жидкий шлак непрерывно либо периодически выпускается через окно в торцевой стене печи.

Отходящие газы поступают в котел-утилизатор тепла, расположенный непосредственно над печью, и далее в систему газоочистки. Необходимость в последнем возникает не всегда. Тепло отходящих газов используют для выработки тепловой и электрической энергии с автоматическим управлением их качественными показателями<sup>1</sup>.

Благодаря интенсивному перемешиванию расплава удельная производительность печей Ванюкова — одна из самых больших среди плавильных агрегатов аналогичного функционального назначения. На 1 м<sup>2</sup> рабочей площади печи возможна загрузка ≥ 35 т/сут. несортированных ТБО с влажностью до 50%.

#### Основные отличия печи Ванюкова от мусоросжигательных заводов

В колосниковых печах сжигание мусора происходит при 800...1000 °С, в результате образуются вторичные токсичные отходы — зола и органические соединения (в том числе диоксины), требующие значительных затрат на обезвреживание, например, в США — 10 долл. США за тонну отходов.

В печи Ванюкова происходит высокотемпературное (1400 °С и выше) разложение ТБО и термопереработка разложившихся вредных составляющих. В результате достигаются следующие преимущества:

- разрушенные выделяющиеся токсичные вещества вступают в соединение с расплавленными флюсами в расплаве шлака, так как время пребывания газов в горячей зоне достаточно для полного распада высокотоксичных органических соединений и управляемый равномерный переход их в гомогенный шлак;

- шлак полностью свободен от органических веществ, а содержащиеся в нем оксиды металлов заключены в силикатную матрицу, что исключает переход их в окружающую среду под действием атмосферных осадков, кислот, щелочей и других внешних факторов. Выход шлака составляет 10...15% от массы загружаемых ТБО, что значительно меньше количества золы при низкотемпературном сжигании или газификации углей;

- объем отходящих газов снижается в десятки раз по сравнению с использованием воздуха, что существенно сокращает капитальные и эксплуатационные затраты на газоочистку;

- применение обогащенного кислородом дутья позволяет обеспечить автогенную (без сжигания топлива) высокотемпературную плавку даже влажных, лежалых и несортированных ТБО, так как велика инерционность расплавленного шлака в плавильной зоне печи (≥100 тонн). Таким образом снижаются затраты на подготовку ТБО к утилизации;

- возможность применения одного и того же агрегата для утилизации широкого спектра отходов: ТБО, пыли, золы ТЭЦ, автомобильных покрышек, литейных земель,

отработанных горюче-смазочных материалов, шламов гальванического производства, отходов нефтяной и угольной промышленности, вышедших из употребления денежных знаков, медицинских и биологически опасных отходов и др.,

- возможность производства электрической энергии с автоматическим управлением ее качественных показателей (в ИПУ РАН разработан также специальный парогенератор);

- при утилизации негорючих отходов, например, золы ТЭЦ, печь работает на любом доступном топливе: каменном угле, мазуте, природном газе. Металлы, содержащиеся в отходах, могут быть выделены в сплав либо полностью переведены в шлак в форме оксидов;

- возможность использования шлаков в качестве сырья для получения волокнистых теплоизоляционных материалов (минеральной ваты, стекловолокна) и других видов строительных материалов (цемента и гранул для нижнего слоя дорог и т. д.).

#### Заключение

Отсутствие необходимости предварительной подготовки отходов, высокая удельная производительность и экологическая безопасность процесса Ванюкова позволяют в короткие сроки решить проблемы утилизации техногенных и ТБО в мегаполисах с получением постоянной значительной материальной выгоды. Стоимость печи на много ниже зарубежных разработок. При этом отметим еще одно важное свойство *двухзонных печей* — возможность быстрого изменения проектной производительности печи. Реализовать программу для решения проблем с ТБО в России предположительно можно за 2...3 года, с минимальными затратами без повышения платежей за услуги ЖКХ.

Полная экологическая безвредность процесса утилизации обеспечивается невозможностью образования в печи Ванюкова первичных и вторичных высокотоксичных соединений — диоксинов, фуранов, оксидов NO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и т. д. Кроме того, автоматизация комплекса сопровождается созданием и внедрением автоматических приборов контроля и непрерывного учета токсичных выбросов переработки любых вредных выбросов в окружающую среду.

#### Список литературы

1. Салихов М.З., Салихов З.Г. Интеллектуальная система автоматического управления мощными вращающимися печами обжига сыпучих металлургических материалов с использованием ассоциативных баз знаний // Цветные металлы. 2017. № 7. С. 90-96.
2. Быстров В. П., Салихов З. Г., Шетинин А. П. и др. Опыт промышленный автоматизированный комплекс для плавки окисленной никелевой руды на базе плавки Ванюкова // Цветные металлы. 2003. № 11. С. 42-43.
3. Костин В. И. Опыт работы печи Ванюкова на ОАО «Комбинат Южуралникель» // Там же. 2008. № 11. С. 45-49.

**Салихов Зуфар Гарифуллинович** — д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник ИПУ РАН, заслуженный деятель науки России, заслуженный изобретатель РСФСР. Контактный телефон (495) 334-87-59.

<sup>1</sup> Шубладзе А.М., Салихов З.Г., Гуляев С.В. и др. (ИПУРАН). Патент 2384872 (приоритет от 30.11.2006 г.) Способ автоматической оптимальной импульсной настройки системы управления.

Быстров В.П., Салихов З.Г., Шетинин А.П. и др. Патент на изобретение РФ № 2242687 (приоритет от 22.04.2003 г.) Печь Ванюкова для непрерывной плавки материалов, содержащих цветные и черные металлы.