

УДК 66.045.12:504.3.054

## К вопросу очистки высокотемпературных газов печей термообработки металлических изделий

**Бурокова А.В.** burokova@yandex.ru,

канд. техн. наук **Рахманов Ю.А.** rahmanovua2010@gmail.com

Университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Рассмотрены методы очистки высокотемпературных дымовых газов (500-1200 °С) печей термообработки металлических изделий. Приведены рекомендации по технологиям очистки высокотемпературных газов. В зависимости от состава дымовых газов предложены технологии сухой и «мокрой» очистки с использованием фильтров с металлической сеткой, керамических и тканевых фильтров, испарительных и «мокрых» скрубберов. Представлена принципиальная схема рекуперации и очистки высокотемпературных газов печей термообработки металлургического и машиностроительного производства.*

**Ключевые слова:** высокотемпературные газы, сухая очистка, «мокрая» очистка, керамические фильтры, фильтры с металлической сеткой.

---

## On the question of high gas purification furnace heat treatment of metal products

**Burokova A.V.** burokova@yandex.ru, **Rachmanov Y.A.** rahmanovua2010@gmail.com

University ITMO

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

9, Lomonosov Street, St Petersburg, 191002

*The methods of purification high temperature flue gases (500-1200 °C) from furnaces for a heat treatment of metal products are considered. The recommendations for the high-technology cleaning gases. Depending on the composition of high temperature flue gases it is proposed technologies for its dry and "wet" purification using metal mesh filters, ceramic and fabric filters, evaporative and «wet» scrubbers. A schematic diagram of the recovery and purification of high-temperature gases heat treatment furnaces of metallurgical and engineering industries.*

**Keywords:** high temperature flue gases, dry purification, "wet" purification, ceramic filters, metal mesh.

---

Уходящие дымовые газы печей термообработки металлических изделий имеют не только высокую температуру, но и могут содержать в своем составе различные загрязняющие вещества: окиды азота, диоксид серы, оксид углерода, бенз-(а)-пирен, хлорорганические соединения, взвешенные вещества и др.[10]

При значительной запыленности дымовых газов целесообразно перед рекуператором устанавливать фильтры, позволяющие очистить газы от пыли при высокой температуре без потери утилизируемой теплоты. В НИИОГАЗе[2] для очистки газов с температурой до 500°С были созданы высокотемпературные фильтры ФВУ с фильтрующими элементами из металлической сетки, на основе которых разработан

типоразмерный ряд фильтров ФРОС, разработаны конструкции фильтров с импульсной регенерацией, оснащенные керамическими элементами фирмы «Madisson Filter», способные работать при температуре до 900 °С с одновременным удалением диоксинов и оксидов азота.

ЗАО НТЦ «Бакор» (Московская область)[5] разработана фильтровальная установка ФКИ-45Т с импульсной регенерацией сжатым воздухом керамических фильтровальных элементов, способных работать при температуре газов до 900 °С. Они предназначены для очистки от пыли высокотемпературных нетоксичных и невзрывоопасных газов в металлургической, химической и перерабатывающей промышленности.

Разработанная конструкция аппарата представляет собой единичный модуль, что позволяет в дальнейшем обеспечить очистку различных объемов газа за счет компоновки единичных модулей.

На рис. 1 и 2 представлены схема опытно-промышленного модуля для очистки высокотемпературных газов и установка ФКИ-45Т.

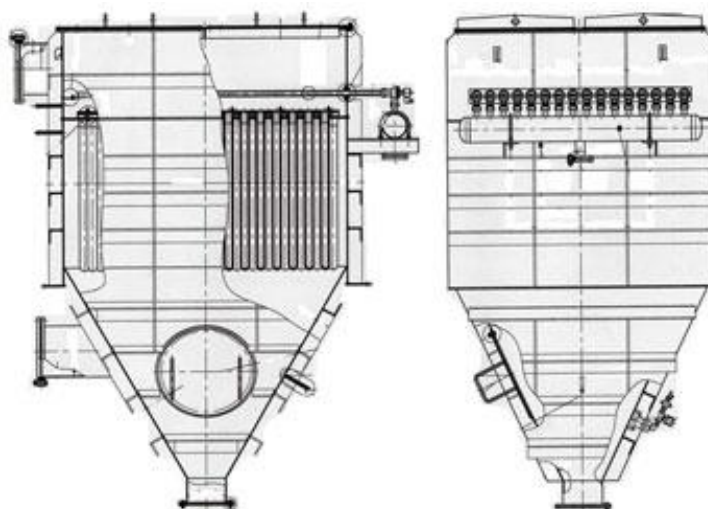


Рис. 1. Схема опытно-промышленного модуля



Рис. 2. Установка ФКИ-45Т

Также для очистки высокотемпературных газов могут быть использованы керамические фильтровальные элементы «Gefahl»[4].

При содержании в дымовых газах хлорсодержащих органических соединений нужно поддерживать температуру газов на выходе из рекуператора выше 450°C во избежание повторного образования диоксинов[8,9].

В случае необходимости после рекуператора предусматривают систему газоочистки перед удалением дымовых газов в атмосферу. Например, сухую очистку с помощью бикарбоната натрия и активированного угля, испарительный или «мокрый» скруббер, тканевый фильтр[1,6]. В последнее время для очистки дымовых газов от оксидов серы, оксидов азота, хлорорганических соединений находят применение центробежно-барботажные аппараты (ЦБА)[3,7] – это аппараты с идеальным смешением газа и жидкости, использующиеся в качестве скруббера, абсорбера, аэратора, деаэратора, контактного теплообменника, химического реактора в технологических процессах химической, нефтехимической, пищевой и других отраслей промышленности.

ЦБА применяются на предприятиях энергетического комплекса, цветной и черной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей, пищевой промышленности, промышленности строительных материалов и др.

Технические характеристики ЦБА представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Характеристики центробежно-барботажных аппаратов**

Показатель	Значение
Гидравлическое сопротивление (не менее) при нормальных условиях и номинальной производительности:	
одноступенчатый аппарат	2,5 кПа
двухступенчатый аппарат	3,5 кПа
трёхступенчатый аппарат	4,5 кПа
Температура очищаемого газа	от +5 до +2000°C
Удельная подача жидкости (не более)	1 м <sup>3</sup> /1000 м <sup>3</sup> газа
Эффективность очистки:	
взвешенные частицы	до 99,9%
диоксид серы – SO <sub>2</sub>	до 99,9%
диоксид азота – NO <sub>2</sub>	до 99,9%
хлористый водород – HCl	до 99,9%
сероводород – H <sub>2</sub> S	до 99,9%
цианиды	до 99,9%

Область применения ЦБА:

- абсорбционная очистка газов от вредных примесей (окислы серы, азота; фтористый и хлористый водород, хлор, фтор, аммиак и т.д.);
- мокрая очистка вентвыбросов от мелкой пыли;
- испарительное увлажнение воздуха;
- снижение температуры дымовых газов (свыше +1600 °C);
- утилизация теплоты отходящих газов;
- очистка воды (жидкости) от различных примесей и газов (обезжелезивание, аэрация, деаэрация и т.д.);

– осушка дымовых газов (конденсация водяных паров за счёт охлаждения газов).

Преимущества ЦБА:

– высокие коэффициенты тепломассообмена (высокая эффективность): высокая скорость газа (на порядок выше, чем в других аппаратах), в десятки раз увеличивающая удельную поверхность контакта фаз; за счёт разных скоростей движения жидкости и газа в барботажном слое, пузырьки воздуха постоянно обтекают жидкостью, уносящей продукты реакции с границы раздела газ-жидкость.

– малые габариты: при сопоставимой производительности аппараты ЦБА обладают значительно меньшими габаритами по сравнению со скрубберами (диаметр и высота аппарата ЦБА номинальной производительностью 50 000 м<sup>3</sup>/час: 2,1 и 4 м соответственно).

– очистка высокотемпературных газов: аппараты могут работать при температурах очищаемого газа, превышающих +1600°С. Соответственно необходимость в охлаждении газов перед газоочисткой – отсутствует.

– простота и надёжность конструкции: высокие коэффициенты тепломассообмена (высокая эффективность): отсутствие каких-либо вращающихся узлов; отсутствие форсунок (часто забиваются), что не предъявляет жёстких требований к качеству используемой жидкости (зарастание форсунок является ещё более актуальной проблемой при улавливании слипающейся пыли или использовании цементирующихся абсорбентов);

– давление воды на входе в ЦБА значения не имеет. Основную роль здесь играет кинетическая энергия газа, за счёт которой удерживается барботажный (газожидкостный) слой, где происходят процессы тепломассообмена.

– автоматичность режима работы ЦБА при колебании расхода газа – чем больше расход газа, тем больше центробежные силы, удерживающие (стабилизирующие) барботажный слой.

Таким образом, рекомендованная технология очистки высокотемпературных дымовых газов печей термообработки металлических изделий включает в себя обеспыливание газов, утилизацию теплоты, охлаждение и очистку газов (рис. 3).



Рис. 3. Схема технологии рекуперации теплоты и очистки высокотемпературных газов

В настоящее время имеется достаточно широкий спектр утилизационного оборудования для высокотемпературных газов. Вопрос выбора установок для очистки газов должен решаться в зависимости от конкретного производства, технологического процесса и состава уходящих дымовых газов.

### Список литературы

1. Александров М.В. Сухая очистка дымовых газов при помощи бикарбоната натрия (пищевой соды) // Сборник докладов шестой международной конференции «Пылегазоочистка-2013». – М., 2013. – с. 23-26.

2. Васьков С.А. Современное газоочистное оборудование. Высокоэффективное оборудование для пылеочистки // Сборник докладов второй международной конференции «Пылегазоочистка-2009». – М., 2009. – с. 47-50.

3. Зилинг Е.А. Цетробежно-барботажные аппараты (ЦБА) – эффективное решение в области мокрой газоочистки // Сборник докладов шестой международной конференции «Пылегазоочистка-2013». – М., 2013. – с. 14-17.

4. Козловский В.Ю., Жилинская Е.И. Современные технологии в области очистки газовых выбросов: керамические фильтровальные элементы Gefahl // Экологические системы и приборы. – 2007. – №5, с 16-17.

5. Красный Б.Л., Тарасовский В.П., Вальдерберг А.Ю. Керамические фильтры, реальные возможности для эффективного пылеулавливания из горячих отходящих газов // Новые огнеупоры. 2005. – №2, с. 33-37.

6. Красный Б.Л., Тарасовский В.П., Красный А.Б. Принципиально новые возможности высокотемпературной очистки газов от пыли // Сборник докладов второй международной конференции «Пылегазоочистка-2009». – М., 2009. – с. 36-37.

7. Кувшинов Г.Г., Трачук А.В. Расчет основных характеристик центробежно-барботажного аппарата // Химическая промышленность сегодня. – 2003. – №8, с. 39-50.

8. Ладыгин К.В., Осветицкая Н.Д., Рахманов Ю.А. К вопросу предварительной оценки и методов снижения диоксинов в отходящих газах установок термоокислительного обезвреживания медицинских отходов // Научный журнал НИУ ИТМО: Серия «Экономика и экологический менеджмент». – №1. – март 2014.

9. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности: Учебник для студентов технических и технологических специальностей. 3-е изд. перераб. и доп. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. — 800с.

10. Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для производства изделий из металла, пластика и резины. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/8ff19800488557f1be74fe6a6515bb18/Metal%2BPlastic%2BRubber%2BProducts%2BMnfg%2B-%2BRussian%2B-%2BFinal\\_.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=8ff19800488557f1be74fe6a6515bb18](http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/8ff19800488557f1be74fe6a6515bb18/Metal%2BPlastic%2BRubber%2BProducts%2BMnfg%2B-%2BRussian%2B-%2BFinal_.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=8ff19800488557f1be74fe6a6515bb18).