

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ГАЗОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

Е.П. Теслева<sup>а</sup>, к. ф.- м. н., доц., А.В. Красова, студ.  
Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail: <sup>а</sup>tesleva@mail.ru

**Аннотация:** рассматриваются современные системы очистки газов в производстве ферросилиция.

**Ключевые слова:** производство ферросилиция, система очистки газов.

**Abstract:** Modern gas purification systems in ferroalloy production are considered.

**Keyword:** production of ferroalloys, gas purification system.

Сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, титаном и другими элементами называются ферросплавами. Они используются в технологическом процессе производства сталей для раскисления и легирования, что приводит к улучшению физико-химических и механических свойств последних. Одним из видов ферросплавов является ферросилиций – сплав железа с кремнием, использующийся для производства жаро- и коррозионно-стойких марок сталей, электрохимической, рессорно-пружинной стали, а также для получения отливок из чугуна с заданным содержанием кремния [1–4].

В процессе выплавки ферросилиция образуются печные газы, которые содержат монооксиды кремния, углерод, железо и другие примеси. Выделяющийся из печи газ обладает сильными отравляющими свойствами вследствие высокого содержания в нём оксида углерода СО. Неочищенные газы приводят к загрязнению рабочего пространства и окружающей среды, что может привести к серьезным заболеваниям легких (силикозы, рак, аллергия и пр.). Поэтому печные газы удаляются из рабочего пространства печи при помощи дымососов для дальнейшей очистки. Газы по газоходам поступают в фильтровальные камеры, где происходит их очистка от примесей, а чистый воздух выводится через трубу в атмосферу.

При производстве ферросплавов используется три основных метода очистки газа (рис. 1).



Рис. 1. Классификация методов очистки газов

### Электрическая очистка

В основе *электрической очистки* лежит ионизация молекул газа под воздействием электрического коронного разряда. Постоянный электрический ток высокого напряжения формирует электрическое поле, в которое подается очищаемый газ. Частицы газа в поле теряют и приобретают электроны. В результате этого образуются отрицательно и положительно заряженные ионы, которые, под действием электростатических сил, начинают перемещаться в противоположных направлениях в электрическом поле, осаждаясь на электродах [5].

**Преимущества:** газ подвергающийся очистке может достигать больших температур, а также может иметь в своем составе химически агрессивные примеси; данный метод очистки может быть максимально автоматизирован; высокая чистота очистки газа (95–99,9 %).

**Недостатки:** дополнительный расход электроэнергии; сложность и высокая стоимость аппаратов [5].

### Мокрая очистка

Если допустимо увлажнение и охлаждение очищаемого газа, то можно использовать метод мокрой очистки. Этот способ основан на контакте газа с жидкостью, обычно водой. Аппараты, в которых происходит очистка, называются скрубберами. В полых скрубберах и скрубберах Вентури контакт между газом и жидкостью осуществляется через поверхность капель жидкости, в насадочных и центробежных скрубберах – через движущуюся жидкую пленку, а в барботажных пылеуловителях – через поверхность пузырьков газа. Для улучшения смачиваемости и степени очистки, в промывную жидкость добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) [5].

**Преимущества:** конструкция аппарата мокрой очистки проще, в связи с тем, что практически отсутствуют механически движущиеся элементы. Транспортировка шлама достаточно проста и не требует дополнительной защиты от образования вторичных аэрозолей.

**Недостатки:** в отличие от других методов очистки мокрая очистка в качестве основного элемента очистки использует воду в больших количествах. Отработанная вода требует дополнительной очистки. Выбросы после мокрой очистки являются холодными и влажными, что ухудшает условия их рассеивания. В выбросах также присутствуют коррозионно-активные вещества, чьи агрессивные свойства усиливаются в присутствии влаги. Утилизация уловленного продукта требует создания сложных технологических систем, кроме того, возникает проблема с утилизацией шлама, пульпы или растворов [6].

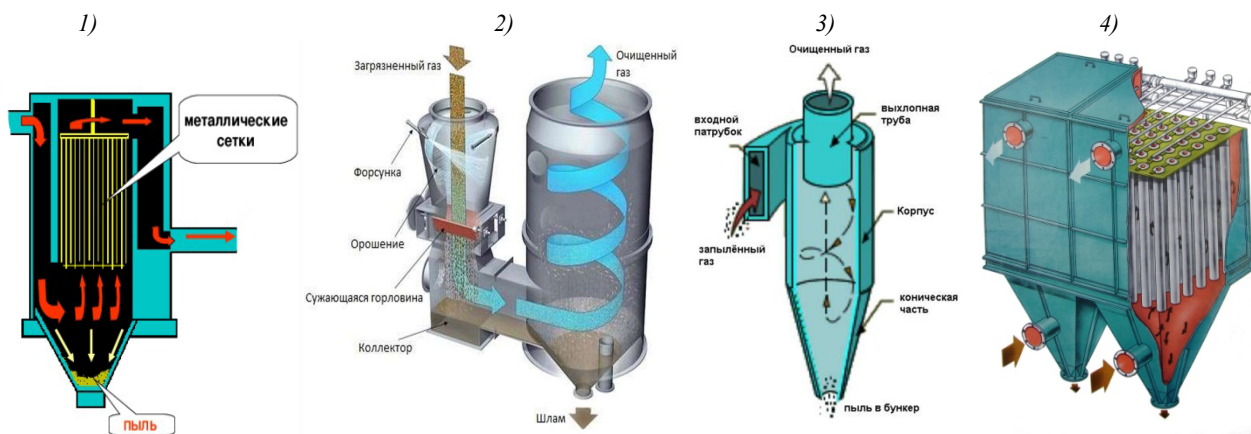


Рис. 2. Устройство электрофильтра (1), скруббера (2), циклона (3) и рукавного фильтра (4)

### Сухая очистка

Гравитационное осаждение основано на действии силы тяжести. В результате самопроизвольное оседание взвешенных частиц происходит без изменения направления воздушного потока. Этот процесс очистки воздуха происходит в газоходах-отстойниках и камерах пылеудаления [6].

Инерционное осаждение основано на действии центробежных сил на взвешенные частицы, которые стремятся сохранить первоначальное направление движения при изменении направления основного газового потока. На этом принципе работают решетчатые пылеуловители с многочисленными щелями.

Гравитационное и инерционное осаждение чаще всего используется в качестве предварительной очистки от крупных частиц.

Метод фильтрации основан на очистке газа от примесей с использованием различных фильтровальных материалов, таких как хлопок, шерсть, химические волокна, металлокерамика и другие. Самыми распространенными аппаратами являются рукавный и керамический фильтры, которые работают с любой степенью запыленности и обладают высокой производительностью, способны очищать воздух от загрязнений до 99,9 %.

**Преимущества** данного метода включают в себя простую конструкцию оборудования, сохранение состава и свойств пылевых частиц после очистки, отсутствие образования шлама и, как следствие, необходимости его утилизации.

Однако существуют и **недостатки**, такие как большие размеры оборудования, абразивный износ и высокая стоимость фильтров.

Таким образом, при производстве ферросилиция оптимальным методом очистки печных газов является сухой метод. В результате сухой очистки образуется побочная товарная продукция – микрокремнезем, являющаяся добавкой к строительным бетонам и другим сухим строительным смесям.

Список использованных источников:

1. Воскобойников В.Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушева. – 6-е изд., перераб и доп. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с. – 253 с. : ил.
2. Зубов В.Л. Электрометаллургия ферросилиция / В.Л. Зубов, М.И. Гасик – Днепропетровск : Системные технологии, 2002. – 704 с.
3. Теслев С.А. Использование железорудных неофлюсованных окатышей при производстве ферросилиция / С.А. Теслев, Е.П. Теслева // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. – Томск : ТПУ, 2015 – С. 155–158.
4. Кожевникова К.В. Переработка шлака при производстве ферросилиция / К.В. Кожевникова, Е.П. Теслева // Научные исследования XXI века. – 2023. – № 1. – С. 45–49.
5. Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. – URL: <https://studfile.net/preview/2036692/page:9/> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.
6. Сухие методы очистки: сферы применения, виды, преимущества и недостатки – URL: <https://fakelf.ru/blog/13-02-20> (дата обращения: 10.04.2024). – Текст: электронный.

### СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ $Cd^{2+}$ И $Pb^{2+}$

*П.Н. Максимов<sup>a</sup>, аспирант, Н.А. Калинина, аспирант, Д.В. Мартемьянов, инженер  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: <sup>a</sup>pnm1@tpu.ru*

**Аннотация:** Использовался сорбент для очистки воды от тяжёлых металлов. Велось извлечение ионов  $Cd^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  из модельного раствора.

**Ключевые слова:** Тяжёлые металлы, очистка воды, ионы кадмия, сорбент, ионы свинца, инверсионная вольтамперометрия.

**Abstract:** A sorbent was used to purify water from heavy metals. Extraction of  $Cd^{2+}$  and  $Pb^{2+}$  ions from the model solution was carried out.

**Keyword:** Heavy metals, water purification, cadmium ions, sorbent, lead ions, inversion voltammetry.

Среди химических загрязнителей, находящихся в воде, тяжёлые металлы представляют повышенную опасность [1, 2]. Они могут накапливаться в организме человека, тем самым, со временем отравляя его. Кадмий нарушает деятельность почек и искривляет кости. Медь может разрушить костную систему и спровоцировать анемию. Цинк может вызвать онкологию. Ртуть влияет на память и речь, а также вызывает головные боли. Кобальт образует недостаточное количество витамина В в организме. Негативное давление тяжёлых металлов на организм человека, может разделяться на следующие этапы:

- канцерогенное, которое может привести к онкологии;
- тератогенное, дезорганизовывает развитие;
- мутагенное, влечёт разрушение ДНК;
- нейротоксичное, вызывает негативное воздействие на структуру центральной и периферической нервной системы;
- эндокринное, пагубно влияет на действие гормонов.

Накапливаясь в организме человека, тяжёлые металлы практически не выводятся из него, что в последствии приводит помимо перечисленных факторов, к мутациям.

Для нивелирования таких последствий, надо потреблять в питьевых целях только воду, очищенную до соответствующих норм. Одними из самых опасных тяжёлых металлов, выступают ионы свинца и ионы кадмия. Из различных методов удаления ионов тяжёлых металлов из водной среды, имеется целесообразность отметить сорбционный способ очистки [3–8]. Данная технология проста в использовании, эффективна, применима в разных условиях и имеет низкую себестоимость [9].

В работе будут рассмотрены два модифицированных сорбционных материала на основе магнетита и на основе горелой породы (розового песка).

Исследовались два фракционных состава сорбента: 0,1–0,5 мм и 1,2–3 мм. Методом БЭТ изучали у представленных объектов удельный объём пор и удельную поверхность. В режиме статике велись сорбционные эксперименты, с применением магнитной мешалки. Продолжительность взаимодействия изучаемых объектов и модельного раствора было выбрано от 1 до 60 минут. Присутствие ионов  $Cd^{2+}$  и  $Pb^{2+}$  в приготовленных водных средах были: кадмий – 10,1 мг/дм<sup>3</sup>; свинец – 10,26 мг/дм<sup>3</sup>. С использованием дистиллированной воды и государственных стандартных образцов (ГСО) кадмия и свинца получали растворы для сорбционного тестирования образцов. Метод анализа загрязняющих элементов в водной среде – инверсионная вольтамперометрия (прибор-анализатор ТА-07).