

УДК 621.742.

Особенности и сравнительный анализ систем пылегазоочистки выбросов от электродуговых сталеплавильных печей

Студенты: гр. 10404118 Курач Д.И., гр. 10404129 Тихончук Д.Г.
Научный руководитель – Ровин С.Л.
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск

Литейное производство является не только основной заготовительной базой машиностроения, но и основным источником выбросов опасных загрязняющих веществ. Здесь в первую очередь речь идет о плавильных печах.

Выбросы плавильных печей состоят из полидисперсной пыли, содержащей оксиды металлов, составляющих основу сплава, и его примесей: железа, цинка, меди, свинца, хрома, кремния, алюминия и т.д., а также токсичных газов: оксиды углерода, диоксида серы и азота. В большинстве случаев газы, аспирируемые от плавильных печей, имеют высокую температуру и высокую концентрацию загрязняющих веществ. Наибольшей температуры и концентрации загрязняющих веществ достигают выбросы от электродуговых сталеплавильных печей и чугуноплавильных вагранок: температура газов на выходе из ДСП может достигать 1000-1200°C, а концентрации пыли – 2-3 г/м³ [1].

Очистка пылегазовых выбросов в общем случае может осуществляться с использованием систем мокрого и сухого типа. В системах сухой пылегазоочистки наибольшее распространение получили циклоны и тканевые рукавные или кассетные установки [2].

Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе и часто применяются в качестве первой ступени очистки газов. Степень очистки от пыли в циклонах сильно зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (соединенные, параллельно работающие циклоны), при диаметре частиц более 30-50 мкм степень очистки составляет около 90%, для частиц 5-30 мкм степень очистки снижается до 80%, а при d=2-5 мкм она составляет менее 40% [2].

Тканевые фильтры позволяют эффективно очищать воздух от твердых частиц с размером до 0,1 мкм и используются, как правило, в качестве вторичной или основной ступени очистки. Подающийся в фильтр загрязненный воздушный поток попадает в камеру, проходит через слой ткани, очищается и выходит в приемную камеру, из которой выводится наружу. Фильтры могут быть изготовлены из ткани или нетканого материала: нетканая нить (мононить). Пыль, накапливающаяся на поверхности ткани, стряхивается в приемный бункер. Для ускорения процесса очищения применяются механический или импульсный механизм встряхивания. Степень очистки воздуха в тканевых рукавных фильтрах достигает показателя 99,9% [2]. Однако применение сухих систем не обеспечивает очистки выбросов от газообразных загрязняющих веществ. Кроме того, температура газов, подаваемых на тканевые фильтры, не должна превышать 120-140 °С, что требует разбавления или интенсивного охлаждения газов перед аппаратами очистки. Для этого могут использоваться, например, котлы-утилизаторы, конструкция которых включает в себя трубчатые теплообменники, по которым циркулирует вода, отводящая тепло от дымовых газов.

Чаще всего для очистки выбросов от электродуговых сталеплавильных печей используются мокрые системы пылегазоочистки, которые не требуют предварительного охлаждения газового потока и позволяют не только осадить пыль, но адсорбировать водорастворимые токсичные газы. Основными аппаратами мокрой очистки являются скрубберы различной конструкции [3,4].

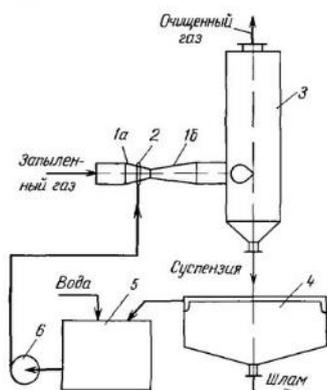
В полых скрубберах промывку газов осуществляют с помощью разбрызгивания (или распыления) жидкости навстречу движущемуся очищаемому потоку. Для орошения скрубберов применяют форсунки, которые устанавливают в одном или нескольких сечениях по высоте аппарата. Высокая эффективность очистки достигается в том случае, если промывная жидкость распыляется с образованием капель 0,5-1 мм и образует сплошную капельную завесу на пути дымовых газов. Удельный расход воды составляет 3-6 л/м³, гидравлическое сопротивление – до 250 Па при скорости потока 1,0-1,5 м/с. Аппараты данного типа в состоянии эффективно улавливать твердые частицы размером ≥ 10 мкм, степень очистки газового потока от таких частиц в полых скрубберах составляет около 93-95%. Эффективность улавливания более мелких фракций (1-10 мкм) снижается до 50% [5].

В насадочных скрубберах дымовые газы проходят через слой заполнителя (насадку) – элементов различной конфигурации (чаще всего это шары), которые удерживаются на опорных решетках и постоянно орошаются водой. В аппаратах данного типа тонкодисперсная пыль улавливается более эффективно, чем в полых скрубберах: при улавливании частиц размером 2-10 мкм степень очистки составляет не менее 75-85%. Однако сопротивление насадочных скрубберов значительно выше, чем полых, и составляет около 1500-2000 Па. Недостатком является также частое забивание насадки при очистке сильно запыленных газов, что ограничивает область их применения.

Пенные газопромыватели представляют собой вертикальный аппарат круглого или прямоугольного сечения, во внутренней полости которого установлены перфорированные или щелевые решетки. Очищаемые газы поступают к решеткам снизу. В результате интенсивного перемешивания газа с жидкостью в слое пены происходит смачивание и выделение из потока пылевидных частиц, которые выводятся из аппарата в виде шлама, а очищенные газы выходят через патрубок, расположенный в верхней части аппарата. Степень очистки при размерах частиц более 15 мкм составляет 93-96%, при размерах частиц 3-10 мкм снижается до 75-80%.

Недостатком аппаратов этого типа является значительный унос капель воды [5].

Наиболее эффективным аппаратом мокрой пылегазоочистки печей является скруббер (труба) Вентури.



- 1 - труба Вентури
- (1а - диффузор, 1б - конфузор),
- 2 - распределительное устройство для подачи воды,
- 3 - циклонный сепаратор,
- 4 - отстойник для суспензии,
- 5 - промежуточная емкость,
- 6 - насос

Рисунок 1 – Схема установки скруббера Вентури

Скруббер Вентури выполняют в виде трубы, имеющей резкое сужение на входе (конфузор) и плавное расширение на выходе (диффузор). Процесс очистки газа в аппарате можно рассматривать как фильтрование газа через объемный фильтр, состоящий из мельчайших капелек, образующихся при дроблении жидкости. Степень очистки газов от пыли с размерами частиц до 1 мкм в трубах Вентури составляет до 99-99,5 %. Эффективность улавливания пыли увеличивается с ростом скорости газов в горловине и плотности орошения.

К недостаткам аппаратов данного типа можно отнести интенсивный износ внутренней поверхности и высокое гидравлическое сопротивление – до 5000-8000 Па, что влечет за собой значительные удельные энергозатраты на пылегазоочистку [5].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ пылегазоочистных аппаратов сухого и мокрого типов [5]. Следует отметить, что достижение наиболее высокой степени очистки возможно только при использовании многоступенчатой системы, состоящей из нескольких агрегатов пылегазоочистки, причем для электродуговых сталеплавильных печей – это в первую очередь системы мокрой очистки.

Таблица 1. Преимущества и недостатки очистных агрегатов сухого и мокрого типа.

| Тип | Агрегаты сухого типа | Мокрые системы |
|--------------|---|--|
| Преимущества | <ol style="list-style-type: none"> 1. Простота конструкции и обслуживания. 2. Пылевые частицы не изменяют состава и свойств. 3. Минимальные затраты на систему энергоснабжения и периферию: необходимо только электропитание и для некоторых аппаратов сжатый воздух, нет необходимости в обратном водоснабжении и соответствующей подготовке воды. 3. Отсутствие шлама, дополнительных конструкций и затрат на его утилизацию. 4. Высокая степень очистки газов от частиц пыли – до 99,9 %. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Относительно небольшая стоимость и простота в изготовлении 2. Эффективная очистка не только от твердых частиц, но также от аэрозолей и токсичных водорастворимых газов, в том числе от SO₂ и NO_x 3. Возможность использования даже при высоких температурах и влажности воздуха, пожаро- и взрывобезопасность. 4. Совмещение сразу нескольких процессов: улавливание и обезвреживание загрязняющих веществ, и охлаждение газа (контактный теплообмен). |
| Недостатки | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ограничение по температуре очищаемых газов – она должна быть не выше 120-140°C 2. Низкая эффективность удаления аэрозолей. 3. Невозможность обезвреживания газообразных загрязняющих веществ: необходимость применения дополнительных систем очистки. 4. Пожаро- и взрывоопасность. 5. Абразивный износ трубопроводов. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Необходимо использование дополнительного оборудования для очистки и нейтрализации оборотной воды и утилизации шлама, что приводит к удорожанию процесса очистки. 2. Для очистки выбросов с агрессивными газами (в первую очередь с SO₂) необходимо изготавливать аппараты из коррозионностойких материалов. 3. Необходимость обогрева емкостей-накопителей оборотной воды в зимнее время |

Список использованных источников

1. Юдашкин, М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М.Я. Юдашкин. – М.: Металлургия, 1984. – 320 с.
2. Старк, С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: учебник для вузов / С.Б. Старк. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
3. Ровин, Л.Е. Системы очистки выбросов плавильных печей / Л.Е. Ровин, С.Л. Ровин // Литье и металлургия. – 2002. – № 4, Спецвыпуск. – С.109-111.
4. Ровин С.Л. Экология печей / С.Л. Ровин, Л.Е. Ровин, Л.Н. Русая, О.В. Герасимова // Литье и металлургия. – 2018. – № 3. – С.50-57.
5. Кольцов, В. Б. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: учебник В 2 ч. Часть 1 / В.Б. Кольцов, О.В. Кондратьева; под общ. ред. В.И. Каракеяна. – М.: Юрайт, 2018. – 277 с.