РАЗДЕЛ XXIV. МЕТАЛЛУРГИЯ

Балашов А.М.

Способ повышения эффективности электрофильтров для очистки выбросов предприятий металлургического комплекса

(Россия, Новосибирск)

doi: 10.18411/lj-02-2020-108

idsp: ljjournal-02-2020-108

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы повышения эффективности работы электрофильтров на предприятиях черной и цветной металлургии. Автором найдены возможности практического увеличения производительности электрофильтров за счет увеличения средней напряженности электрического поля и плотности тока коронного разряда. Реализация данного направления интенсификации пылегазоочистки позволит значительно повысить эффективность и существенно уменьшить себестоимость очистки выбросов на предприятиях металлургического комплекса.

Ключевые слова: напряженность электрического поля, плотность объемного заряда, плотность тока коронного разряда, осаждение частиц.

Abstract

This article discusses the issues of improving the efficiency of electric filters at ferrous and non-ferrous metallurgy enterprises. The author has found the possibility of practical increase in the performance of electrofilters by increasing the average electric field strength and current density of the corona discharge. Implementation of this direction of intensification of dust and gas cleaning will significantly increase the efficiency and significantly reduce the cost of cleaning emissions at enterprises of the metallurgical complex.

Keywords: the electric field strength, the density of space charge, corona discharge current density, the particle deposition.

Современные предприятия металлургического комплекса являются одними из основных источников вредных выбросов в атмосферу. Например, на долю предприятий черной металлургии приходится около 22 процентов общих выбросов вредных веществ, а в районах расположения крупных металлургических комбинатов и более 50 процентов [1,2]. Одной из важнейших проблем, стоящих в настоящее время перед отраслями черной и цветной металлургии, а также и перед другими промышленными сферами, является снижение количества вредных веществ, загрязняющих атмосферу. Это становится все актуальнее, т.к. ужесточение экологического законодательства приводит к необходимости выплачивать значительные денежные средства в виде налогов за выбросы вредных веществ. При этом плата за сверхнормативные выбросы устанавливается в пятикратном размере по отношению к предельно допустимым выбросам [3]. Все это должно стимулировать предприятия к внедрению эффективных технологий пылегазоочистки.

Для нейтрализации выбросов широко применяются электрофильтры, которые являются эффективными аппаратами пылегазоочистки благодаря своим преимуществам [4,5]: высокая степень очистки газов ($\eta=0,97$), малый расход электроэнергии, небольшое аэродинамическое сопротивление, возможность автоматизации процесса улавливания аэрозолей, широкий диапазон размеров

улавливаемых частиц (от 0,01 до 100 мкм). В то же время, серийные электрофилтры имеют ряд существенных недостатков, сдерживающих их более широкое применение, а именно:

- малая скорость фильтрации (1-1,2 м/с) при которой достигается эффективность $\eta=0,97$. По мере увеличения скорости газового потока эффективность электрофилтра резко снижается. Так, в частности при повышении скорости газа до 2,1 м/с степень очистки снижается до $\eta=0,87$ [5];
- громоздкость и высокая металлоемкость из-за того, что электрофилтры способны очищать газы от примесей только при малой скорости газового потока. Например, объем электрофилтра УП-3-10 производительность 10 м³/с очищаемого газа составляет 140 м³, масса внутреннего оборудования - 28,7 т, а электрофилтр УГ-2-4-74 производительностью 74 м³/с имеет объем 1400 м³ и массу внутреннего оборудования 172 т [4];
- наличие вторичного уноса частиц при периодическом встряхивании осадительных электродов с целью регенерации, при этом отдельные частицы пыли подхватываются и уносятся воздушным потоком, в результате чего снижается эффективность очистки;
- низкая эффективность при улавливании аэрозолей с высоким удельным сопротивлением (более 2×10^6 Ом·м), [4];
- значительное снижение степени очистки при большой запыленности газа;
- невозможность улавливания газообразных компонентов, которые также представляют значительную экологическую и санитарную опасность.

Следовательно, устранение или уменьшение недостатков, присущих серийным электрофилтрам позволит интенсифицировать их работу и снизить себестоимость электрического способа очистки газов, а также расширить область их применения.

Анализ результатов проведенных реконструкций серийных электрофилтров показывает, что работы по модернизации производятся, как правило, в двух-трех направлениях. Например, повышение площади осаждения путем увеличения высоты (длины) электродов, замена коронирующих электродов в виде тонких проводов на игольчатые, модернизация агрегатов питания. Реализация данных подходов увеличивает эффективность электрофилтров, но результаты часто оказываются недостаточными или это существенно увеличивает себестоимость электрофилтров. В частности, для повышения производительности электрофилтров в отечественной и зарубежной практике практикуется увеличение высоты электродов до 15 м [4]. Однако это ведет к существенному повышению габаритов, металлоемкости и стоимости электрофилтров, что существенно увеличивает капитальные затраты на газоочистку и сдерживает их применение. Поэтому, целесообразно рассмотреть другие направления интенсификации электропылегазоочистки.

При сохранении конструктивных размеров аппарата (высоты электродов H и межэлектродного расстояния h) эффективность очистки газа в конечном итоге зависит от отношения скорости осаждения частиц W_3 под действием сил электрического поля к скорости потока очищаемого газа V_r . Уменьшение соотношения W_3/V_r , обусловленное увеличением скорости газового потока V_r приводит к резкому снижению эффективности работы аппарата. Поэтому, для сохранения высокой эффективности очистки при повышении скорости потока V_r необходимо повышать скорость W_3 осаждения (переноса) частиц в активной зоне электрофилтра (рис.1). Это позволяет увеличить производительность аппарата без снижения степени очистки.

Рис. 1. Схема работы электрофильтра: 1 – коронирующий электрод (тонкий провод); 2, 3 – осадительные электроды (плоскости); V_r – скорость газового потока; W_3 – скорость движения частицы под действием сил электрического поля.

Для повышения скорости осаждения W_3 частиц можно использовать усиление электрических сил посредством роста числа активных зон коронного разряда, приходящихся на единицу поверхности осадительного электрода, путем создания перемещающейся зоны разряда за счет поочередного включения групп коронирующих электродов. Это позволит увеличить среднюю плотность объемного заряда и среднюю напряженность электрического поля в активной зоне электрофильтра без экранирующего влияния коронирующих электродов друг на друга и без ухудшения вольтамперной характеристики электрофильтра. А поскольку скорость осаждения частиц размером более 1 мкм под действием сил электрического поля пропорциональна квадрату средней напряженности электрического поля [5,6], то данный принцип позволяет существенно интенсифицировать процесс газоочистки.

Для усиления электрического поля и создания перемещающейся зоны разряда необходимо использовать импульсное питание электрофильтра с поочередной подачей импульсов напряжения на различные группы электродов [7,8]. Это позволит увеличить напряжение питания электрофильтра и, соответственно, среднюю напряженность электрического поля без опасности полного пробоя газового промежутка и перехода коронного разряда в дуговой. Поочередной подачей импульсов напряжения на различные группы электродов. Для создания перемещающейся зоны коронного разряда необходима поочередная подача импульсов напряжения на три группы коронирующих электродов, которые должны располагаться на определенном расстоянии друг от друга. На основании проведенных исследований и анализа литературных данных это расстояние должно быть в интервале от $1,2h$ до $2h$ (где h – межэлектродное расстояние).

Сравнительные исследования показывают, что импульсное питание электродов созданием перемещающейся зоны коронного разряда дает возможность существенно повысить среднюю напряженность электрического поля электрофильтра без опасений полного пробоя газоразрядного промежутка и в три раза увеличить плотность тока разряда, что существенно повышает скорость осаждения W_3 аэрозоля в аппаратах электропылегазоочистки. Это позволяет увеличить в среднем в два раза скорость прохождения газового потока V_r через электрофильтр, и, следовательно, производительность электрофильтра без ухудшения степени очистки, а также существенно уменьшить габариты и металлоемкость аппарата. Таким образом,

реализация данного направления позволит значительно повысить эффективность электрофильтров и существенно уменьшить себестоимость очистки выбросов на предприятиях металлургического комплекса.

1. Андоньев С.М., Филиппов О.В. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии. – М., Металлургия, 1979. – 192 с.
2. Юзов О.В., Харитонов Н.А., Гурьев В.С. Эффективность охраны атмосферы от выбросов сталеплавильного производства. – М., Металлургия, 1987. – 103 с.
3. Петров В.И. Теоретические основы интенсификации процессов электрической очистки газов металлургического производства. – Старый Оскол, ТНТ, 2014. – 424 с.
4. Дымовые электрофильтры. /Левитов В.И., Решидов И.К., Ткаченко В.М. и др., М., Энергия, 1980. - 447 с.
5. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. - М.: Химия, 1967. - 364 с.
6. Ермилов И.В. Исследование и расчет процессов очистки газов в пластинчатых электрофильтрах.// Сильные электрические поля в технологических процессах: Сб. ст. - М.: Энергия, 1979. Вып. 3. С.106-128.
7. Шварц З.Л. Импульсное питание электрофильтров.// Цемент. 1982. №6. С.3-4.
8. Попов И.Б., Морозов В.И., Журавлев В.К. и др. Формирователь импульсов электрической энергии.// Электрофизические способы пылеулавливания: Сборник статей. - Алма-Ата, 1987. С.10-14.