

УДК 669.162.252

**А.А.Бугаев (5 курс, каф. ТОиЭС), С.В.Андреева (4 курс, каф. ЭОП),
Е.С.Воронова (2 курс, каф. ТОиЭС), Н.И.Ватин, д.т.н., проф.**

УЛАВЛИВАНИЕ ПЫЛИ В ВОЛОКНИСТЫХ ФИЛЬТРАХ

В последнее время возросла потребность многих отраслей промышленности (продукты питания, микроэлектроника, лекарственные препараты и т.д.) в наличии чистых помещений для увеличения: качества продукции, условий труда человека и т.п.

Чистыми помещениями называют помещения, в воздухе которых концентрация частиц пыли контролируется в пределах определенного диапазона. Для этой цели требуются фильтры с высокой эффективностью фильтрации подаваемого в чистую комнату воздуха. Так называемые HEPA- (High Efficiency Particulate Air) и ULPA- фильтры на практике показали чрезвычайно высокую эффективность фильтрации взвешенных в воздухе частиц пыли субмикронных размеров. Эти фильтры широко используются для очистки воздуха в чистых комнатах.

Все теоретические и экспериментальные исследования процесса фильтрации направлены на установление зависимости между показателями фильтров (эффективность фильтра, гидравлическое сопротивление и т.д.), и структурными особенностями фильтрующих перегородок, свойств улавливаемых частиц и режима течения газа. Определение таких закономерностей составляет основную проблему теории фильтрации.

Обычно процесс фильтрации разделяется на две стадии. В начальной стадии происходит осаждение частиц в чистом фильтре, эта стадия носит название стационарной фильтрацией, в этой стадии эффективность улавливание и гидравлическое сопротивление не изменяются во времени. Вторую стадию фильтрации называют нестационарной: она характеризуется структурными и другими изменениями в фильтрующей среде, эффективность улавливания и гидравлическое сопротивление изменяются в процессе фильтрации. Явления, вызывающие изменение эффективности и сопротивления во времени, независимо от их природы, называют вторичными процессами. Из-за сложности и многообразия вторичных процессов эта стадия изучена гораздо меньше.

Наиболее полно теория фильтрации разработана применительно к волокнистым фильтрующим материалам с более или менее упорядоченным расположением волокон. Процессы, происходящие в реальных фильтрующих перегородках, значительно сложнее, чем обычно предполагается в теоретических моделях.

Чистый волокнистый фильтр нельзя отождествлять с ситом, только отсеивающим частицы размером больше размера пор. Если бы улавливание частиц происходило по такому же механизму, как просеивание, то размеры промежутков между волокнами должны были бы приближаться к размерам частиц, и сопротивление фильтров очень резко возрастало бы вследствие закупоривания пор частицами, а внутри фильтра можно было бы обнаружить только те частицы, у которых размеры меньше промежутка между волокнами. На практике это не подтверждается. Более того, оказалось, что наиболее проникающими являются частицы разме-

ром 0,1...0,5 мкм, а частицы крупнее и мельче осаждаются значительно лучше. Следовательно, в волокнистых фильтрах частицы улавливаются в результате действия других, более сложных факторов.

В потоке аэрозоля между волокнами частицы следуют по линиям тока, огибающим волокна – препятствия, подвергаясь действию силы инерции и броуновской диффузии, что служит причиной смещения их с линий тока и может привести к осаждению на волокнах. Частицы, коснувшись поверхности волокон, прочно удерживаются на них за счет сил адгезии.

Перечислим возможные механизмы осаждения частиц на волокнах:

Эффект касания (зацепления) – возникает всякий раз, когда линии тока газов, с которыми движутся частицы, проходят над поверхностью препятствия на расстоянии, равном радиусу препятствия или ближе.

Инерционное столкновение – происходит тогда, когда масса частиц или скорость ее движения настолько значительны, что она не может следовать полностью вместе с газом по линиям тока, которая резко искривляется, огибая при этом препятствие. Частица, стремясь по инерции продолжить свое движение по более прямолинейной траектории, сходит с линии тока.

Броуновское, или тепловое, движение высокодисперсных частиц – результат столкновения газовых молекул с поверхностью частиц. Это движение накладывается на движение частиц в фильтре по линиям тока. Чем меньше размеры частиц, тем интенсивнее они смещаются с линий тока и больше вероятность их осаждения на поверхности обтекаемых тел.

Гравитационное осаждение частиц (седиментация) – происходит в результате вертикального смещения частиц с линий тока под действием силы тяжести.

Осаждение под действием центробежной силы отмечается при криволинейном движении дисперсного потока, когда развиваются центробежные силы.

Электрическое осаждение – происходит в результате взаимодействия зарядов на волокнах или частицах или одновременно на тех и других.

Помимо указанных выше основных механизмов осаждения можно перечислить и ряд других: термофорез, диффузиофорез, фотофорез, воздействие магнитного поля, радиометрических сил и др.

Осаждение частиц может происходить одновременно по нескольким механизмам; для частиц определенного размера возможно преобладание одного механизма или двух механизмов. Роль каждого механизма определяется размером волокон и пористостью слоя, размером и плотностью взвешенных частиц, скоростью газового потока, свойствами газа и действием электрических сил.

При длительном пропускании аэрозоля через большинство фильтрующих перегородок эффективность осаждения и перепад давления изменяются во времени. Вторичные процессы в фильтрах могут быть вызваны различными причинами. В литературе принята следующая классификация этих явлений: соосаждение частиц в фильтрах; капиллярные явления; деструкция фильтров; утечка или нейтрализация электрического заряда фильтров; эффективность столкновения частиц с волокнами и вторичный унос уловленных частиц из фильтрующих перегородок.

Таким образом, улавливание частиц из потока аэрозоля в фильтрующих перегородках (волокнах или зернах различных форм и размеров) определяется взаимодействием взвешенных в газе частиц с отдельными элементами фильтра.

