

МЕХАНИЗМЫ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ГЛУБИННОМ ФИЛЬТРОВАНИИ

Студент – Богданович Т.А., 3 мот, 2 курс, ФТС

*Научные руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор,
зав. кафедрой;*

Корнеева В.К., старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Известно [1, 2], что процесс осаждения частиц загрязнений из несущего потока в поровых каналах фильтровального элемента представляет собой сложное явление, которое определяется, во-первых, свойствами частиц загрязнений (размерами, плотностью, концентрацией), во-вторых, свойствами пористого материала (структурными и гидродинамическими), в-третьих, характеристиками очищаемой жидкости и режимами течения (кинематической и динамической вязкостью жидкости, ее плотностью, скоростью фильтрации и др.).

Теоретические и экспериментальные исследования процесса осаждения частиц загрязнений в фильтровальном элементе направлены на установление зависимостей эффективности их улавливания от свойств частиц загрязнений, свойств пористого материала и очищаемой жидкости, а также от режимов течения жидкости. При решении этих вопросов важнейшая роль отводится определению в каждом конкретном случае влияния тех или иных механизмов осаждения [2, 3]. Рассмотрим эти механизмы.

Механизм прямого столкновения (*Interception*). Осаждение частиц загрязнений в результате прямого столкновения возникает всякий раз, когда линии тока, по которым движутся частицы, проходят рядом с поверхностью препятствия на расстоянии, меньшем или равном половине их диаметра (рисунок, *a*). При этом если размер частицы больше размера поры, происходит ее закупоривание (так называемый ситовой эффект), которое наблюдается также и при поверхностном фильтровании и является частным случаем эффекта прямого столкновения.

Основным параметром, характеризующим прямое столкновение, является отношение d/D , где d – диаметр частиц загрязнений, а

D – диаметр частиц, образующих пористый каркас фильтрующего элемента (диаметр частиц порошка $D_ч$ и диаметр волокна $D_в$). Величина этого параметра оказывает существенное воздействие на процесс осаждения в пористых средах. Так, по данным авторов [4], при $d/D > 0,12$ наблюдается быстрое и необратимое забивание фильтровального элемента. Если $d/D < 0,12$, то наблюдается обратимый режим забивания – процесс кольтматации протекает одновременно с процессом декольтматации. Аналогичные результаты были получены авторами [5], которые экспериментально установили, что при $d/D > 0,15$ пористая среда необратимо забивается, а при $d/D < 0,065$ забивка остается незначительной и происходит лишь частичное осаждение загрязнителя в фильтровальном элементе, при котором процессы захвата частиц загрязнений (кольтматация) уравниваются их срывом и удалением (декольтматация) из фильтра.

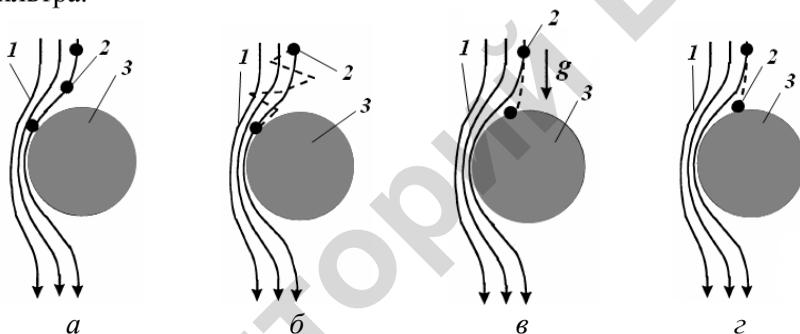


Рисунок – Механизмы осаждения: а – прямое столкновение; б – диффузия; в – седиментация; г – инерция; 1 – линия тока; 2 – частица загрязнений; 3 – частица, образующая пористый каркас фильтровального элемента

Анализ многочисленных экспериментальных данных, проведенный С.В. Беловым [6], показывает, что отношение среднего размера пор фильтровального элемента к среднему размеру частиц, из которого они изготовлены, при пористости $\Pi = 0,4$ изменяется от 0,25 до 0,5. Учитывая эти данные, нетрудно определить соотношение размеров частиц загрязнений и средних размеров пор фильтровального элемента $d_{п\text{ ср}}$, при которых забивание необратимо. Тогда неравенству $d/D > 0,12$ соответствует

$$\frac{d}{d_{п\text{ ср}}} > 0,24-0,48, \text{ а } d/D > 0,15 - \text{ неравенству } \frac{d}{d_{п\text{ ср}}} > 0,3-0,6.$$

Механизм диффузии (Diffusion). Под действием этого меха-

низма осаждение частиц загрязнений в фильтровальном элементе происходит в результате их столкновения с молекулами жидкости. В результате этих столкновений частица загрязнений, двигаясь с несущим потоком, испытывает случайные смещения с линией тока и приходит в контакт со стенками поровых каналов и задерживается на них (рисунок, б).

Диффузия характеризуется коэффициентом диффузии, который связан со средним квадратичным смещением частицы соотношением [7]:

$$\bar{x}^2 = 2D_{\text{бр}}t,$$

где \bar{x} – среднее квадратичное смещение, м; $D_{\text{бр}}$ – коэффициент броуновской диффузии, м²/с; t – время, с.

Величина коэффициента броуновской диффузии выражается законом Эйнштейна [7]:

$$D_{\text{бр}} = \frac{k_6 T}{3\pi\mu d},$$

где k_6 – постоянная Больцмана, равная $1,3804 \cdot 10^{-23}$, Дж/К; T – абсолютная температура, К; μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с; d – диаметр частиц загрязнений, м.

Броуновская диффузия тем интенсивнее, чем выше температура жидкости, чем меньше ее вязкость и размер частиц загрязнений.

Механизм седиментации (*Gravity*). Этот механизм обусловлен вертикальным отклонением частиц загрязнений от линии тока во время прохождения их через фильтровальный элемент под действием силы тяжести (рисунок, в).

Если предположить, что сила тяжести при движении частиц уравновешивается силой сопротивления Стокса, то скорость седиментации частиц загрязнений v_c можно определить из выражения [8]:

$$v_c = \frac{d^2 (\rho_r - \rho_{\text{ж}}) g}{18\mu},$$

где ρ_r и $\rho_{\text{ж}}$ – соответственно плотность частиц и очищаемой жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с².

На практике при оценке влияния седиментации на процесс осаждения считают [2], что при $v_c/v \leq 0,01$, где v – действительная скорость жидкости в поровых каналах, осаждением частиц загрязне-

ний под действием седиментации можно пренебречь.

Механизм инерции (*Inertia*). Осаждение под действием этого механизма является следствием действия сил инерции, вынуждающих частицы загрязнений отклоняться от линий тока, в результате чего они приходят в столкновение с препятствием и удерживаются на нем (рисунк 1, з).

Механизм инерции характеризуется числом Стокса, которое равно [8, 9]

$$St = \frac{\rho_{\tau} d^2 v_{\phi}}{18\mu D},$$

где v_{ϕ} – скорость фильтрации, м/с.

В работе [10] авторы определили критическое значение числа Стокса, меньше которого инерционным осаждением можно пренебречь. Это критическое значение оказалось равным 1/16, т.е. при $St < 1/16$ осаждение частиц загрязнений на препятствии из-за эффекта инерции не происходит.

Реальные процессы осаждения частиц загрязнений в фильтровальном элементе характеризуются совместным воздействием вышеописанных механизмов осаждения. При этом при различных характеристиках частиц загрязнений, свойств фильтровального элемента и режимов течения очищаемой жидкости те или иные механизмы осаждения будут преобладать над другими. Так, например, авторы [11] считают, что основными механизмами осаждения являются прямое столкновение и диффузия, авторы [9] отдают предпочтение диффузии и инерционному осаждению, а в работе [12] – только одному инерционному осаждению.

Список использованных источников

1. Ison, C.R. Removal mechanisms in bed filtration / C.R., Ison, K.J. Ives // Chem. Eng. Sei. – 1969. – V.24. – P. 717–724.
2. Herzig, J.P. Flow of suspensions through porous media / J.P. Herzig, D.M. Leclerc, Le Goff P. // Application to deep filtration. – Ind. Eng. Chem. –1970. – V.62. – №5. – P. 8–35.
3. Удов, В.Н. Очистка промышленных газов фильтрами / В.Н. Удов, Б.И. Мягков. – Москва: Химия, 1970. – 320 с.
4. Le Goff, P. Etude sur modele du colmatage d'un milieu filtrant. Ecoulement d'une suspension de microspheres a travers un empilement de macrospheres / Le Goff P., Delachambre G. // Revue Francaise des Corps Gras. – 1965. – №1. – P. 3–11.
5. Maroudas, A. Particle deposition in granular filter media / A. Maroudas // – Pt.

П. – Filtr. Separ. – 1965. – V.2. – №5 – P. 369–372.

6. Белов, С.В. Пористые металлы в машиностроении / С.В. Белов. – Москва: Машиностроение, 1981. – 248 с.

7. Эйнштейн, А. Собрание научных трудов / А. Эйнштейн. – Москва: Наука, 1966. – Т. 3. – 632 с.

8. Фукс, Н.А. Механика аэрозолей / Н.А. Фукс. – Москва: Издательство АН СССР, 1955. – 352 с.

9. Чен, Ч. Фильтрация аэрозолей волокнистыми материалами / Ч. Чен // Успехи химии. – 1956. – Т. 25. – №3. – С. 368–392.

10. Stairmand C.J. Influence of Inertion on the process of Deposition In Granular media / C.J. Stairmand // Trans.Inst.Ch.Eng. – 1950. – v. 28. – P. 130.

11. Стечкина, И.Б. Исследование в области волокнистых аэрозольных фильтров. I. Расчет диффузионного осаждения аэрозолей в волокнистых фильтрах / И.Б. Стечкина, Н.А. Фукс // Коллоидный журн. – 1967. – Т.29. – №2. – С. 260–263.

12. Кирш, А.А. Инерционное осаждение аэрозолей в модельных фильтрах при малых числах Рейнольдса / А.А. Кирш, И.Б. Стечкина // Коллоидный журн. – 1977. – т.39. – №1. – С. 36–43.

УДК 621.921

ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЯХ

Студент – Шурский Д.С., 29 тс, 2 курс, ФТС

Научные руководители – Федорович Э.Н., к.т.н., доцент;

Корнеева В.К., старший преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Заготовками для крупногабаритных корпусных деталей служат стальные или чугунные отливки или металлические конструкции, для изготовления которых применяют, например: стали 25Л, 30Л, 35Л или чугуны СЧ 15-32, СЧ18-36, СЧ21-40.

Металлические конструкции изготавливают путём сваривания сортового проката, кроме этого металлические конструкции могут быть комбинированными:

- сортовой прокат сварен с отливкой;
- изготовлены из нескольких отливок методом сварки;
- сваренные отливки подвергают ковке.

Отливки могут иметь раковины или неметаллические включения, которые увеличивают шероховатость на их поверхности и это