

Раздел 13. Адсорбция. Очистка жидкостей

Лекция № 16

Общие сведения

Под адсорбцией мы будем понимать процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси или раствора твердым веществом – поглотителем. Поглощаемое вещество носит название адсорбата, или адсорбтива.

Процессы адсорбции (как и другие процессы массопередачи) избирательны и обычно обратимы. Благодаря их обратимости становится возможным выделение поглощенных веществ из адсорбента, или проведение процесса десорбции.

Различают физическую и химическую адсорбцию. Физическая адсорбция обусловлена взаимным притяжением молекул адсорбата и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса и не сопровождается химическим взаимодействием адсорбированного вещества с поглотителем. При химической адсорбции, или хемосорбции, в результате химической реакции между молекулами поглощенного вещества и поверхностными молекулами поглотителя возникает химическая связь.

При поглощении паров адсорбция иногда сопровождается заполнением пор адсорбента жидкостью, образующейся в результате конденсации паров (капиллярная конденсация). Конденсация происходит вследствие понижения давления пара над вогнутым под действием сил поверхностного натяжения мениском жидкости в капиллярах.

В наше время производится или используется около двухсот разных сорбентов, которые делятся на: неорганические, органические и синтетические. Как сорбенты, которые плавают, применяют много естественных (торф, мох, сено) и искусственных (полиуретаны, резина и др.) материалов. Искусственные сорбенты изготавливают из синтетических материалов и выпускают в виде гранул или полотнищ (полос) материи. Как вещества, которые собирают и осаждают пролитые вещества на дно, применяют цемент, мел, тальк, глинозем, специально разработанный олеофильный песок и др. Недостатки минеральных сорбентов – их разовое применение, сложность утилизации и низкая сорбционная емкость.

Сорбционная очистка широко применяется для очистки сточных вод, загрязненными ароматическими соединениями, слабыми электролитами или неэлектролитами, красителями, непредельными соединениями, гидрофобными алифатическими соединениями. Указанные методы

позволяют извлечь из сточных вод ценные компоненты с их дальнейшей утилизацией, а очищенную воду использовать в системах оборотного водоснабжения предприятия. Также метод адсорбции применяют при очистке, осушке, разделении газов и паров.

В промышленности в качестве поглотителей применяют главным образом активные угли и минеральные адсорбенты (силикагель, цеолиты и др.), а также синтетические ионообменные смолы (иониты).

Различают сорбцию статическую, при которой частица сорбата не перемещается относительно частицы сорбента, т.е. движется вместе с последней, и сорбцию динамическую, при которой частица жидкости перемещается относительно частицы сорбента. Первый вид сорбции осуществляют путем ввода сорбента в сорбат, тщательного перемешивания их в течение времени, необходимого для достижения практически равновесного состояния и последующего отстаивания или отфильтровывания сорбента. При динамической сорбции очищаемый сорбат фильтруют через слой сорбента. Адсорбция в динамических условиях имеет серьезные технологические и эксплуатационные преимущества по сравнению с адсорбцией в статических условиях. Она позволяет более полно использовать емкость сорбента.

Уравнение динамики сорбции является математической формулировкой зависимости времени сорбции – времени защитного действия, от длины слоя поглотителя.

Величину $t_{з.д.}$ определяют из следующего выражения (уравнение Н.А. Шилова):

$$t_{з.д.} = k_{з.д.}H - \tau,$$

где $k_{з.д.}$ – коэффициент защитного действия, определяемый экспериментально, ч/м; H – высота слоя сорбента, м; τ – потеря времени защитного действия, ч.

Коэффициент $k_{з.д.}$ равен

$$k_{з.д.} = a_{равн} / VC_H,$$

где $a_{равн}$ – предельная насыщенность сорбента, равновесная с концентрацией, кг/м³ (устанавливается по экспериментальной изотерме сорбции); V – скорость фильтрования, м/ч; C_H – начальная концентрация вещества в сточной воде, кг/м³.

Потеря времени защитного действия: $\tau = \varepsilon \Delta \tau,$

где ε – пористость сорбента (в долях единицы); Δt – время, в течение которого концентрация веществ в фильтрате изменяется от концентрации сорбата при допустимом проскоке $C_{дн}$ до $C_{н}$, ч. Величина Δt устанавливается по экспериментальной выходной кривой динамики сорбции.

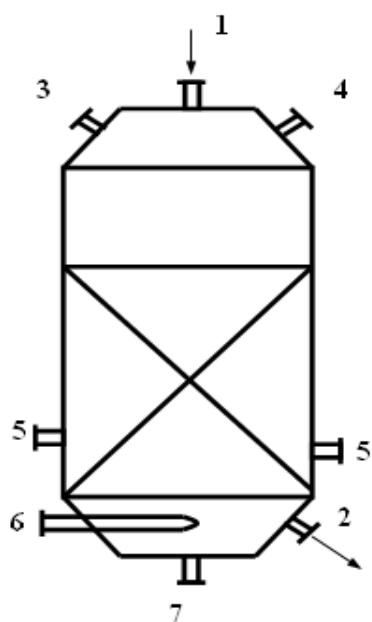
По выходной кривой определяют момент появления сорбата в фильтрате $\tau_{пр}$ – время проскока, а после этого момента фиксируется увеличение концентрации сорбата до максимального, соответствующего $C_{н}$.

Количество вещества, задерживаемого насыпным фильтром, определяется из следующего выражения:

$$V = (H - h) \cdot F a_{д},$$

где V – количество вещества, задерживаемого насыпным фильтром, кг;
 h – эмпирическая константа, м; F – площадь фильтра, м²; $a_{д}$ – динамическая активность сорбента, кг/м³.

Конструкция адсорбера с неподвижным слоем поглотителя



1 – штуцер для подачи газа для извлечения компонентов;

2 – выход газа после извлечения компонента;

3 – штуцер для удаления паров воды при десорбции (регенерации адсорбента);

4 – штуцер для загрузки адсорбента;

5 – люки для выгрузки адсорбента;

6 – штуцер с устройством для подачи водяного пара при регенерации адсорбента;

7 – штуцер для удаления влаги после регенерации

Такой адсорбер работает в 4 цикла:

1. процесс адсорбции.
2. пропаривание адсорбента, т.е. десорбция.
3. сушка адсорбента горячим воздухом.
4. охлаждение адсорбента.

Далее циклы повторяются.

Наиболее эффективными адсорберами являются аппараты с «псевдооживленным» слоем (с кипящим слоем адсорбента). Здесь в кипящем слое при прочих равных условиях интенсивность внешнего массопереноса

выше, чем в неподвижном слое, вследствие больших скоростей газа, движущегося через слой.