# Абсорбция

Абсорбцией называют процесс поглощения газа жидким поглотителем, в котором газ растворим в той или иной степени. Обратный процесс – выделение растворенного газа из раствора – носит название десорбции.

В абсорбционных процессах (абсорбция, десорбция) участвуют две фазы – жидкая и газовая и происходит переход вещества из газовой фазы в жидкую (при абсорбции) или, наоборот, из жидкой фазы в газовую (при десорбции). Таким образом, абсорбционные процессы являются одним из видов процессов масопередачи.

На практике абсорбции подвергают большей частью не отдельные газы, а газовые смеси, составные части которых (одна или несколько) могут поглощаться данным поглотителем в заметных количествах. Эти составные части называют абсорбируемыми компонентами или просто компонентами, а не поглощаемые составные части – инертным газом.

Жидкая фаза состоит из поглотителя и абсорбируемого компонента. Во многих случаях поглотитель представляет собой раствор активного компонента, вступающего в химическую реакцию с абсорбируемым компонентом; при этом вещество, в котором растворен активный компонент, будем называть растворителем.

Инертный газ и поглотитель являются носителями компонента соответственно в газовой и жидкой фазах. При физической абсорбции (см. ниже) инертный газ и поглотитель не расходуются и не участвуют в процессах перехода компонента из одной фазы в другую. При хемосорбции (см. ниже) поглотитель может химически взаимодействовать с компонентом.

Протекание абсорбционных процессов характеризуется их статикой и кинетикой.

Статика абсорбции, т. е. равновесие между жидкой и газовой фазами, определяет состояние, которое устанавливается при весьма продолжительном соприкосновении фаз. Равновесие между фазами определяется термодинамическими свойствами компонента и поглотителя и зависит от состава одной из фаз, температуры и давления.

Кинетика абсорбции, т. е. скорость процесса массообмена, определяется движущей силой процесса (т. е. степенью отклонения системы от равновесного состояния), свойствами поглотителя, компонента и инертного газа, а также способом соприкосновения фаз (устройством абсорбционного аппарата и гидродинамическим режимом его работы). В абсорбционных аппаратах движущая сила, как правило, изменяется по их длине и зависит от характера взаимного движения фаз (противоток, прямоток, перекрестный ток и т. д.). При этом возможно осуществление непрерывного или ступенчатого контакта. В абсорберах с непрерывным контактом характер движения фаз не меняется по длине аппарата и изменение движущей силы происходит непрерывно. Абсорберы со ступенчатым контактом состоят из нескольких ступеней, последовательно соединенных по газу и жидкости, причем при переходе из ступени в ступень происходит скачкообразное изменение движений силы.

Различают химическую абсорбцию и хемосорбцию. При физической абсорбции растворение газа не сопровождается химической реакцией (или, по крайней мере, эта реакция не оказывает заметного влияния на процесс). В данном случае над раствором существует более или менее значительное равновесное давление компонента и поглощение последнего происходит лишь до тех пор, пока его парциальное давление в газовой фазе выше равновесного давления над раствором. Полное извлечение компонента из газа при этом возможно только при противотоке и подаче в абсорбер чистого поглотителя, не содержащего компонента.

При хемосорбции (абсорбция, сопровождаемая химической реакцией) абсорбируемый компонент связывается в жидкой фазе в виде химического соединения. При необратимой реакции равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало и возможно полное его поглощение. При обратимой реакции над раствором существует заметное давление компонента, хотя и меньшее, чем при физической абсорбции.

Промышленное проведение абсорбции может сочетаться или не сочетаться с десорбцией. Если десорбцию не производят, поглотитель используется однократно. При этом в результате абсорбции получают готовый продукт, полупродукт или, если абсорбция проводиться с целью санитарной очистки газов, отбросный раствор, сливаемый (после обезвреживания) в канализацию.

Сочетание абсорбции с десорбцией позволяет многократно использовать поглотитель и выделять абсорбируемый компонент в чистом виде. Для этого раствор после абсорбера направляют на десорбцию, где происходит выделение компонента, а регенерированный (освобожденный от компонента) раствор вновь возвращают на абсорбцию. При такой схеме (круговой процесс) поглотитель не расходуется, если не считать некоторых его потерь, и все время циркулирует через систему абсорбер – десорбер – абсорбер.

В некоторых случаях (при наличии малоценного поглотителя) в процессе проведения десорбции отказываются от многократного применения поглотителя. При этом регенерированный в десорбере поглотитель сбрасывают в канализацию, а в абсорбер подают свежий поглотитель.

Условия, благоприятные для десорбции, противоположны условиям, способствующим абсорбции. Для осуществления десорбции над раствором должно быть заметное давление компонента, чтобы он мог выделяться в газовую фазу. Поглотители, абсорбция в которых сопровождается необратимой химической реакцией, не поддаются регенерации путем десорбции. Регенерацию таких поглотителей можно производить химическим методом.

Области применения абсорбционных процессов в химической и смежных отраслях промышленности весьма обширны. Некоторые из этих областей указаны ниже:

Получение готового продукта путем поглощения газа жидкостью. Примерами могут служить: абсорбция SO3 в производстве серной кислоты; абсорбция HCl с получением соляной кислоты; абсорбция окислов азота водой (производство азотной кислоты) или щелочными растворами (получение нитратов) и т.д. При этим абсорбция проводится без последующей десорбции.

Разделение газовых смесей для выделения одного или нескольких ценных компонентов смеси. В этом случае применяемый поглотитель должен обладать возможно большей поглотительной способностью по отношению к извлекаемому компоненту и возможно меньшей по отношению к другим составным частям газовой смеси (избирательная, или селективная, абсорбция). При этом абсорбцию обычно сочетают с десорбцией в круговом процессе. В качестве примеров можно привести абсорбцию бензола из коксового газа, абсорбцию ацетилена из газов крекинга или пиролиза природного газа, абсорбцию бутадиена из контактного газа после разложения этилового спирта и т.п.

Очистка газа от примесей вредных компонентов. Такая очистка осуществляется прежде всего с целью удаления примесей, не допустимых при дальнейшей переработке газов (например, очистка нефтяных и коксовых газов от H2S, азотно-водородной смеси для синтеза аммиака от CO2 и CO, осушка сернистого газа в производстве контактной серной кислоты и т.д.). Кроме того, производят санитарную очистку выпускаемых в атмосферу отходящих газов (например, очистка топочных газов от SO2; очистка от Cl2 абгаза после конденсации жидкого хлора; очистка от фтористых соединений газов, выделяющихся при производстве минеральных удобрений и т.п.).

В рассматриваемом случае извлекаемый компонент обычно используют, поэтому его выделяют путем десорбции или направляют раствор на соответствующую переработку. Иногда, если количество извлекаемого компонента очень мало и поглотитель не представляет ценности, раствор после абсорбции сбрасывают в канализацию.

Улавливание ценных компонентов из газовой смеси для предотвращения их потерь, а так же по санитарным соображениям, например рекуперация летучих растворителей (спирты, кетоны, эфиры и др.).

Следует отметить, что для разделения газовых смесей, очистки газов и улавливания ценных компонентов наряду с абсорбцией применяют и иные способы: адсорбцию, глубокое охлаждение и др. Выбор того или иного способа определяется технико-экономическими соображениями. Обычно абсорбция предпочтительнее в тех случаях, когда не требуется очень полного извлечения компонента.

При абсорбционных процессах массообмен происходит на поверхности соприкосновения фаз. Поэтому абсорбционные аппараты должны иметь развитую поверхность соприкосновения между газом и жидкостью. Исходя из способа создания этой поверхности абсорбционные аппараты можно подразделить наследующие группы:

а) Поверхностные абсорберы, в которых поверхностью контакта между фазами является зеркало жидкости (собственно поверхностные абсорберы) или поверхность текущей пленки жидкости (пленочные абсорберы). К этой же группе относятся насадочные абсорберы, в которых жидкость стекает по поверхности загруженной в абсорбер насадки из тел различной формы (кольца, кусковой материал и т. д.), и механические пленочные абсорберы. Для поверхностных абсорберов поверхность контакта в известной степени определяется геометрической поверхностью элементов абсорбера (например, насадки), хотя во многих случаях и не равна ей.

б) Барботажные абсорберы, в которых поверхность контакта развивается потоками газа, распределяющегося в жидкости в виде пузырьков и струек. Такое движение газа (барботаж) осуществляется путем пропускания его через заполненный жидкостью аппарат (сплошной барботаж) либо в аппаратах колонного типа с различного типа тарелками. Подобный характер взаимодействия газа и жидкости наблюдается также в насадочных абсорберах с затопленной насадкой.

В эту же группу входят барботажные абсорберы с перемешиванием жидкости механическими мешалками. В барботажных абсорберах поверхность контакта определяется гидродинамическим режимом (расходами газа и жидкости).

в) Распыливающие абсорберы, в которых поверхность контакта образуется путем распыления жидкости в массе газа на мелкие капли. Поверхность контакта определяется гидродинамическим режимом (расходом жидкости). К этой группе относятся абсорберы, в которых распыление жидкости производится форсунками (форсуночные, или полые, абсорберы), в токе движущегося с большой скоростью газа (скоростные прямоточные распыливающие абсорберы) или вращающимися механическими устройствами (механические распыливающие абсорберы).

Приведенная классификация абсорбционных аппаратов является условной, так как отражает не столько конструкцию аппарата, сколько характер поверхности контакта. Один и тот же тип аппарата в зависимости от условий работы может оказаться при этом в разных группах. Например, насадочные абсорберы могут работать как в пленочном, так и в барботажном режимах. В аппаратах с барботажными тарелками возможны режимы, когда происходит значительное распыление жидкости и поверхность контакта образуется в основном каплями.

Из различных типов аппаратов в настоящее время наиболее распространены насадочные и барботажные тарельчатые абсорберы. При выборе типа абсорбера нужно в каждом конкретном случае исходить из физико-химических условий проведения процесса с учетом технико-экономических факторов.

Основные размеры абсорбера (например, диаметр и высота) определяют путем расчета, исходя из заданных условий работы (производительность, требуемая степень извлечения компонента и т.д.). Для расчета необходимы сведения по статике и кинетике процесса. Данные по статике находят из справочных таблиц, рассчитывают при помощи термодинамических параметров или определяют опытным путем. Данные по кинетике в значительной степени зависят от типа аппарата и режима его работы. Наиболее надежны результаты экспериментов, проведенных при тех же условиях. В ряде случаев подобные данные отсутствуют и приходится прибегать к расчету или опытам.

В настоящее время еще нет вполне надежного метода, позволяющего определять коэффициент массопередачи путем расчета либо на основе лабораторных или модельных опытов. Однако для некоторых типов аппаратов можно найти коэффициенты массопередачи с достаточно большой точностью при помощи расчета или сравнительно простых опытов.