

## **Влияние перемешивания на массообмен между твердой и жидкими фазами.**

Аспирант Орлов П.В., студент Никитин А.В.

Массообмен в аппаратах с мешалками происходит, как правило, в дисперсных системах, причем сплошной фазой является жидкость, а дисперсной фазой твердое тело.

Процесс массообмена в системе твердое тело – жидкость (растворение) изучен лучше других, так как диффузионное сопротивление массопередачи для этой системы сосредоточено на стороне жидкой фазы, а форма частиц дисперсной фазы в данный момент не претерпевает изменений (лишь спустя некоторое время частицы твердого тела уменьшаются в размерах вследствие растворения) [1].

Влияние перемешивания на растворение. Самым простым примером массопередачи между твердой и жидкой фазами является растворение твердых веществ, при котором почти всегда применяют перемешивание. Мелкие куски твердого вещества загружают в сосуд с жидкостью и перемешивают обычно механическими мешалками, а иногда воздухом.

Растворение - процесс, сопровождающийся переходом в раствор вещества, вводимого в аппарат в виде твердых частиц. При этом частицы состоят из вещества, переходящего в раствор, а имеющиеся в них нерастворимые примеси незначительны и не образуют единой структуры. Процесс растворения представляет собой совокупность последовательно протекающих стадий перехода вещества с поверхности твердого тела в раствор у поверхности раздела фаз и отвода растворенного вещества от поверхности в ядро потока в результате молекулярной и турбулентной диффузии. Скорость растворения, строго говоря, зависит от скорости протекания каждой из этих стадий [2].

Процесс массопередачи между твердой и жидкой фазами при перемешивании можно представить следующим образом. Молекулы растворяются с поверхности твердой массы. Так как непосредственно на границе фаз в жидкости нет турбулентного движения, то растворяющиеся молекулы твердого вещества проникают в окружающую жидкость за счет молекулярной диффузии в направлении, нормальном к границе раздела фаз. Как только диффундирующие молекулы твердого вещества попадают на такое расстояние от границы раздела фаз, где уже проявляется турбулентное движение, начинает действовать турбулентная диффузия. Из этих двух стадий процесса массопередачи значительно более медленной будет передача массы молекулярной диффузией у поверхности твердого вещества, где отсутствует турбулентность. Представим далее, что на границе раздела фаз между твердым веществом и жидкостью существует пленка жидкости, в которой отсутствует течение, так что в ней сосредоточено сопротивление

граничной поверхности, проявляющееся в резком изменении концентрации. В отличие от теплопроводности, этот слой называют диффузионным слоем.

Толщина диффузионного слоя зависит от плотности и вязкости жидкости, но главным образом определяется скоростью течения жидкости, т. е. интенсивностью перемешивания.

Задачи перемешивания при растворении твердых веществ заключаются в том, чтобы:

1. уменьшить толщину диффузионного слоя у поверхности твердых частиц посредством увеличения скорости движения жидкости;
2. суспендировать частицы твердого вещества во всем объеме сосуда как можно более равномерно в результате циркуляции и вращения жидкости;
3. растворенные молекулы твердого вещества после прохождения ими диффузионного слоя в самое короткое время распределить равномерно во всем объеме жидкости, что достигается турбулентной диффузией в части аппарата с особенно сильно развитой турбулентностью, через которую циркулирует жидкость в сосуде.

Если интенсивность перемешивания недостаточна для подъема частиц с дна и распределения их в объеме аппарата, скорость растворения лимитируется переносом растворенного вещества в пространстве между лежащими на дне частицами, что приводит к снижению величины доступной для массообмена поверхности. В этих условиях даже незначительное повышение частоты вращения мешалки приводит к резкому увеличению доли частиц, взвешенных в жидкости, и скорости растворения.

Влияние перемешивания на электролиз. Другим примером массопередачи между твердым веществом и жидкостью является электролиз. При электролизе происходит передача массы с электрода в раствор и из раствора на электрод в результате тройного процесса: 1—перенос ионов, 2—диффузия, 3—конвекция.

Перемешивание оказывает благоприятное влияние, как на конвекцию, так и на изменение толщины диффузионного слоя жидкости у поверхности электрода, через который проходят ионы за счет молекулярной диффузии.

Перемешивание при электролизе имеет цель: 1) уменьшения толщины диффузионного слоя у электрода и 2) ускорения конвективного переноса ионов между электродами.

В то же время значительная турбулентность оказывает неблагоприятное влияние на миграцию ионов, так как удлиняет путь их пробега. Поэтому выгоднее стремиться к созданию интенсивной циркуляции. Перемешивание при электролизе можно осуществить с помощью вращающегося электрода.

Влияние перемешивания на кристаллизацию. Кристаллизация является процессом, противоположным растворению твердых веществ. Вещество при кристаллизации переходит из раствора в твердую фазу. Рост кристаллов протекает под влиянием трех причин:

1. вещество, которое создает кристалл, диффундирует из жидкости на поверхность кристалла;
2. на поверхности кристалла продиффундировавшее вещество образует кристаллическую решетку;
3. при создании кристаллической решетки выделяется тепло кристаллизации, которое должно быть отведено от кристалла за счет теплоотдачи. Таким образом, скорость теплопередачи может оказывать влияние на скорость роста кристаллов.

При перемешивании уменьшается толщина теплового и диффузионного пограничных слоев, что приводит к ускорению тепло - и массопередачи [3].

Хотя перечисленные процессы существенно различаются по физической природе и закономерностям кинетики, воздействие на них перемешивания определяется едиными закономерностями массообмена между перемешиваемой жидкостью и взвешенными в ней твердыми частицами.

### **Список литературы**

1. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Польша, 1971. Пер. с польск. под ред. Щупляка И.А. Л., Химия, 1975. – С. 308-311.
2. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.Н. Перемешивание в жидких средах: Физические основы и инженерные методы расчета. – Л.: Химия, 1984. – С. 174-175.
3. Штербачек З., Тауск П. Перемешивание в химической промышленности. – Пер. с чешского. – Павлушенко И.С., Л.: Химия, 1963. – С. 183-198.