

УДК 66.047

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКО-ЧИСТОЙ
АДСОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ**

Канд.техн.наук Е.К.Акынбеков
Докт.техн.наук М.К.Куатбеков

В статье рассмотрена методика исследования внутреннего тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых телах. Изучены тепло- и массопроводные свойства адсорбентов. Установлено, что коэффициенты теплопроводности и потенциалопроводности адсорбентов сильно зависят от температуры и влажности материала. Выявлено такое явление: для мелкопористых адсорбентов наблюдается постоянная отработка при термической десорбции.

Одним из распространенных процессов химической и пищевой технологии является тепло- и массообмен в системе газ-дисперсная твердая фаза. в частности, адсорбционно-десорбционные процессы, сушка сыпучих материалов и другие.

В промышленности адсорбционные процессы обычно осуществляются в замкнутом цикле, т.е. в сочетании с обратным процессом – десорбцией. При этом скорость удаления адсорбированного вещества из адсорбента в значительной мере влияет на экономику всего технологического процесса.

Экспериментальное изучение нестационарных полей температуры и содержания целевого компонента в процессах десорбции проводилось на увеличенной модели частицы, состоящей из отдельных таблеток адсорбентов, собираемых в единый цилиндрический блок, из которого десорбция целевого компонента осуществлялась с одного открытого торца путем обдува десорбирующим агентом (воздухом). Значения локальных концентраций целевого компонента определялись весовым методом для каждой из шести таблеток набора.

Температуры по глубине модельного зерна при десорбции фиксировались хромель-копелевыми термопарами, которые располагались между таблетками.

Исследовались мелкопористые адсорбенты NaX, CaA и активная окись алюминия марки А-1. В качестве адсорбтивов использовались вода, бензол, этиловый спирт, *n*-гептан, ацетон, этил- и бутилацетаты.

Для получения таблеток была разработана технология прессования тонкоизмельченных порошков промышленных адсорбентов при удельном давлении 3500 ат. Толщина таблеток составляла 3,7 мм, а диаметр 20 мм.

Проведенные измерения теплофизических характеристик исследуемых адсорбентов показали значительную зависимость тепло- и температуропроводности от температуры [1].

В результате проведенной экспериментальной работы получены нестационарные поля концентрации целевого компонента и температуры внутри увеличенной модели частицы. Опыты показали хорошую воспроизводимость результатов измерений.

Анализ распределения концентрации адсорбтива и температуры внутри мелкопористых адсорбентов показывает, что удаление целевого компонента в процессе термической десорбции происходит значительно медленнее по сравнению с темпом прогрева материала. Для крупнопористого адсорбента (А-1) время достижения равновесных температурного и концентрационного состояний приблизительно одинаково.

В опытах обнаружено увеличение (до 40%) локальной концентрации целевого компонента по сравнению с начальным содержанием в удаленных от открытого торца зонах зерна.

Поля температур обрабатывались по одномерному уравнению теплопроводности с внутренним источником тепла $q(x, \tau)$:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{q(x, \tau)}{\rho_M C_M} \quad (1)$$

Значения производных $\frac{\partial \theta}{\partial \tau}$ и $\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$ вычислялось графически.

Массовая обработка термограмм позволила статистически достоверно выявить наличие тепловыделения в тех зонах частицы и в те моменты времени, когда там наблюдается повышение содержания целевого компонента.

Совместный анализ распределений концентрации и внутреннего источника тепла дают основание полагать, что интенсивное парообразование в ближних от открытого торца зонах набора в начальные моменты времени (большая величина отрицательного источника тепла) приводит к появлению локального избыточного давления, которое перемещает часть образовавшихся паров в глубь зерна. Эти пары, достигая еще не прогретых зон набора, конденсируются (адсорбируются) там, отдавая теплоту фазового перехода, что и приводит к увеличению

содержания целевого компонента в глубине образца в начальные моменты времени.

По экспериментально полученным полям температуры и концентрации определены коэффициенты внутреннего переноса в линейной модели тепло- и массопереноса внутри капиллярно-пористых материалов.

Для этого в уравнении переноса массы

$$\frac{\partial a}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 a + a_m \delta_T \nabla^2 \theta \quad (2)$$

значения $\frac{\partial a}{\partial \tau} / \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$ и $\frac{\partial a^2}{\partial x^2} / \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$ определялись графическим дифференцированием полей температуры и концентрации в различных точках внутри образца и в разные моменты времени.

Значения коэффициентов теплопроводности (a_m) и термодиффузионного коэффициента (δ_T) оказались в значительной степени зависящими от концентрации целевого компонента.

Опытами установлено, что на скорость извлечения целевого компонента существенное влияние оказывает сравнительно небольшая (до 300 мм вод.ст.) разность статических давлений внутри набора в начальный момент и в десорбционной камере.

Проведенные измерения показали, что избыточное статическое давление, возникающее внутри капиллярно-пористых адсорбентов при термической десорбции, может достигать 60 мм вод.ст.

Появление избыточного давления внутри материала и влияние на скорость десорбции наружного давления свидетельствуют о том, что эффект фильтрационного переноса целевого компонента может играть существенную роль в процессе внутреннего массопереноса.

Полученные кинетические данные аппроксимировались несколькими видами простых функций. Текущее время представлялось в виде теплового и массообменного критериев Фурье $Fo_t = \frac{a_t \tau}{R^2}$ и

$$Fo_m = \frac{a_m \tau}{R^2} \text{ соответственно.}$$

Здесь оказалось возможным использовать в массообменном критерии Фурье значения коэффициентов теплопроводности (a_m) (в тепловые критерии соответственно подставлялись коэффициенты температуропроводности исследованных адсорбентов a_t). Значения a_m и a_t определялись как средние интегральные величины.

Усредненная по внутренней координате безразмерная степень отработки зерна представлялась в виде $E = \frac{\bar{a} - a_p}{a_0 - a_p}$, где \bar{a} , a_0 и a_p -

усредненная по зерну текущая, начальная и равновесная концентрации адсорбтива.

Для компактного представления экспериментальных данных получены три различных по форме вида аппроксимирующих уравнений:

$$E = \frac{1}{(1 + A'Fo_m^n)^{1/n}}; \quad E = \frac{1}{1 + A''Fo_m^n}; \quad E = 1 - th(AFo_m^n).$$

Значения аппроксимационных коэффициентов A и n оказались функциями температуры десорбирующего агента. Средняя температура материала представлена аналогичными выражениями.

Полученные аппроксимации могут быть использованы как исходные кинетические данные при расчете десорбционной аппаратуры с любым характером движения фаз (неподвижный, движущийся, псевдооживленный слой).

Обозначения: a – объемная концентрация адсорбтива в адсорбенте; a_1 – коэффициент температуры проводности; θ – температура материала; τ – время; q – объемная мощность источника тепла; ρ_M и C_M – плотность и теплоемкость материала.

Литература

1. Акынбеков Е.К., Куатбеков М.К. Исследование механизма внутреннего тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых телах. – Алматы: 2000. – 104 с.

Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати

ГАЗ-ДИСПЕРСТІ ҚАТТЫ ФАЗА ЖҮЙЕСІНДЕ ӨТЕТІН ІШКІ ЖЫЛУ ЖӘНЕ МАССА ӨТКІЗУ

Техн.ғыл.канд. Е.Қ.Ақынбеков
Техн.ғыл.докт. М.Қ.Куатбеков

Мақалада саңылаулы және түгікшелі денелердің ішінде өтетін жылу және масса тасымалдауды зерттеу тәсілі қарастырылған. Адсорбенттердің жылу және масса өткізу қасиеттері зерттелген. Жылу өткізу және масса өткізу коэффициенттеріне температура мен дененің ылғалдылығы елеулі әсер етеді. Ұсақ саңылаулы адсорбенттер үшін “жеке қабаттың сіңіру қабылеті таусылған” құбылыс байқалатындығы дәлелденген.