

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ИЗ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ ТВЕРДОЙ СМЕСИ

Б.Р.Исмаилов, Л.А.Сулейменова
ЮКГУ им. М.Ауезова, ШИ МКТУ им. Х.А. Ясауи, г. Шымкент

Организация процесса жидкостного экстрагирования из твердых смесей сопряжена с некоторыми специфическими проблемами, обусловленными полидисперсностью смесей. С целью получения качественного продукта для каждой из фракций смеси должно обеспечиваться определенное время пребывания в контакте с экстрагентом и свое оптимальное соотношение расходов фаз. Кроме того, различными являются и оптимальные гидродинамические параметры режима контактирования и перемешивания фаз для различных фракций. Эти вопросы не получили пока должного теоретического анализа, и надежные инженерные методики расчета процессов экстрагирования и экстракторов, с учетом отмеченных особенностей, на сегодняшний день отсутствуют.

В настоящей статье дан теоретический анализ отмеченной проблемы на основе предварительной упрощенной модели процесса экстрагирования из полидисперсной твердой смеси.

Основные предположения модели таковы.

1. Предполагается неограниченная растворимость одного целевого продукта в экстрагенте.
2. Выполняется принцип локального термодинамического равновесия. При этом движущая сила процесса определяется разностью между концентрацией целевого продукта в твердой фазе (сырье) и равновесной концентрацией на межфазной поверхности твердого компонента и жидкого экстрагента.
3. Гидродинамические аспекты проблемы в данной модели не рассматриваются.

Подобные допущения не противоречат известным подходам к моделированию и расчету процессов экстрагирования [1, 2] и, на наш взгляд, обоснованы для предварительного анализа.

В рамках изложенных выше предположений основное кинетическое уравнение процесса записывается в обычной форме:

$$KF(C - g(C))dt = -MdC, \quad (1)$$

- где C - концентрация экстрагируемого целевого компонента в твердой фазе, кмоль/кмоль;
 F - величина межфазной поверхности, м²;
 K - кинетический коэффициент, кмоль/м²с;
 M - приведенное количество вещества в твердой фазе, кмоль;
 $g(C)$ - равновесная концентрация на межфазной поверхности, определяемая по термодинамической диаграмме [2, 3], кмоль/кмоль;
 t - время, с.

Разделяя переменные, приходим к уравнению:

$$K \frac{F}{M} \int_0^T dt = - \int_{C_0}^{C(t)} \frac{dC}{C - g(C)}. \quad (2)$$

Для удобства дальнейшего анализа введем в качестве параметра модели приведенную межфазную поверхность

$$f = \frac{F}{M}. \quad (3)$$

Тогда (2) преобразуется к виду

$$KfT = - \int_{C_0}^{C(T)} \frac{dC}{C - g(C)}. \quad (4)$$

В нулевом приближении получаем

$$KfT = - \int_{C_0}^{C(T)} \frac{dC}{C - g(C_0)}. \quad (5)$$

Решение нулевого приближения выглядит следующим образом:

$$C^{(0)} = g(C_0) + (C - g(C_0)) \exp(-Kf_1 T), \quad (6)$$

где T - время пребывания смеси в экстракторе

В линейном приближении запишем уравнение линии равновесия в виде:

$$g(C) = g(C_0) + g^*(C - C_0), \quad (7)$$

где

$$g^* = \frac{dg(C)}{dC}. \quad (8)$$

Разделяя переменные, получаем

$$-KfT = \frac{1}{1-g^*} \int_{C_0}^{C(T)} \frac{dC}{C + \frac{g^*C_0 - g(C_0)}{1-g^*}}. \quad (9)$$

Отсюда получаем решение первого приближения

$$C = \frac{g(C_0) - g^*C_0}{1-g^*} + \frac{C_0 - g(C_0)}{1-g^*} \exp(-(1-g^*)KfT). \quad (10)$$

Очевидно, что процесс извлечения целевого компонента возможен только при выполнении условия

$$g^* < 1. \quad (11)$$

На рисунке 1 показана графическая интерпретация полученного решения и условия (11).

Определим степень извлечения целевого компонента обычным образом

$$\eta = \frac{C_0 - C(T)}{C_0}. \quad (12)$$

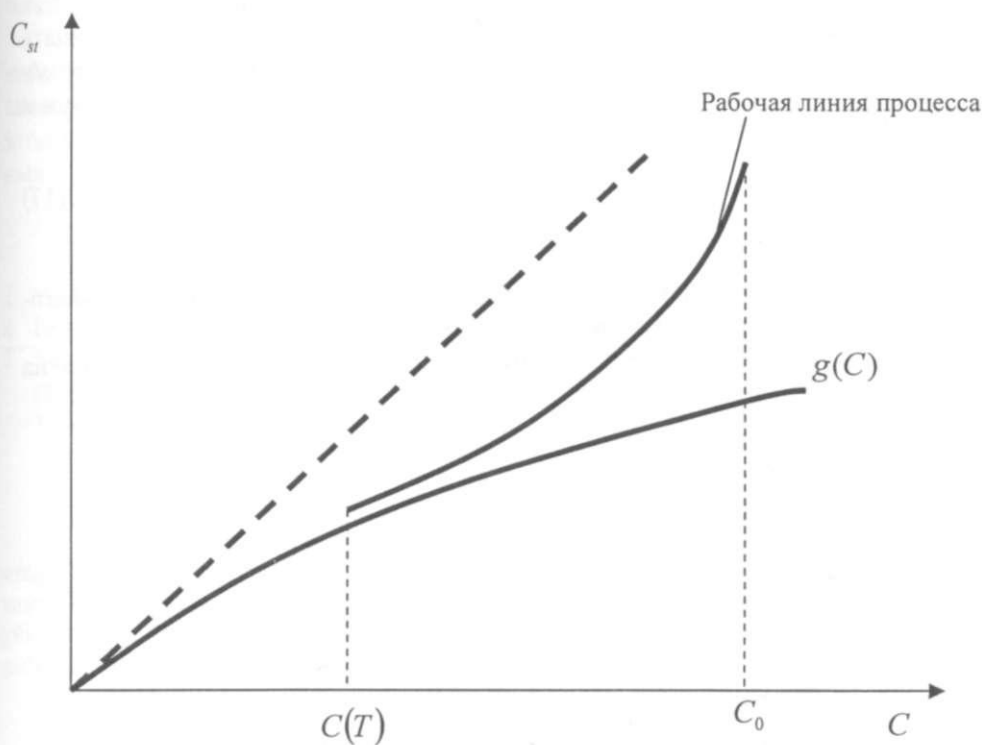


Рисунок 1- Графическая интерпретация решения (10)

Время пребывания смеси в экстракторе определяется по формуле

$$T = \frac{1}{(1 - g^*)Kf} \ln \left(\frac{1 - g(C_0)/C_0}{1 - \eta(1 - g^*)} \right). \quad (13)$$

Общее количество извлеченного компонента

$$C_L = M\Delta C, \quad (14)$$

где

$$\Delta C = \frac{C_0 - g(C_0)}{1 - g^*} [1 - \exp(-(1 - g^*)KfT)]. \quad (15)$$

Если в исходной смеси присутствуют фракции с различными удельными поверхностями (т.е. различной крупности), то обработка каждой из таких фракций теоретически требует различного времени пребывания в экстракторе.

Так, для двух фракций с различными удельными поверхностями f_1 и f_2 получаем следующее соотношение времен пребывания, необходимое для достижения одинаковой степени извлечения целевого компонента

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{K_2 f_2}{K_1 f_1}. \quad (16)$$

Кинетические коэффициенты для различных фракций могут различаться вследствие различной гидродинамической ситуации на межфазной поверхности различных фракций. Этот вопрос требует отдельного рассмотрения и не входит в задачу данной статьи. Если же принять кинетические коэффициенты для различных фракций одинаковыми, то приходим к простому соотношению, описывающему обратно пропорциональную зависимость времен пребывания и удельных межфазных поверхностей

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{f_2}{f_1}. \quad (17)$$

Несмотря на кажущуюся очевидность этого вывода, известные конструкции экстракторов и схемы их расчета обычно не учитывают отмеченное обстоятельство [2, 3].

Графическая интерпретация процесса экстракции полидисперсной смеси показана на рисунке 2.

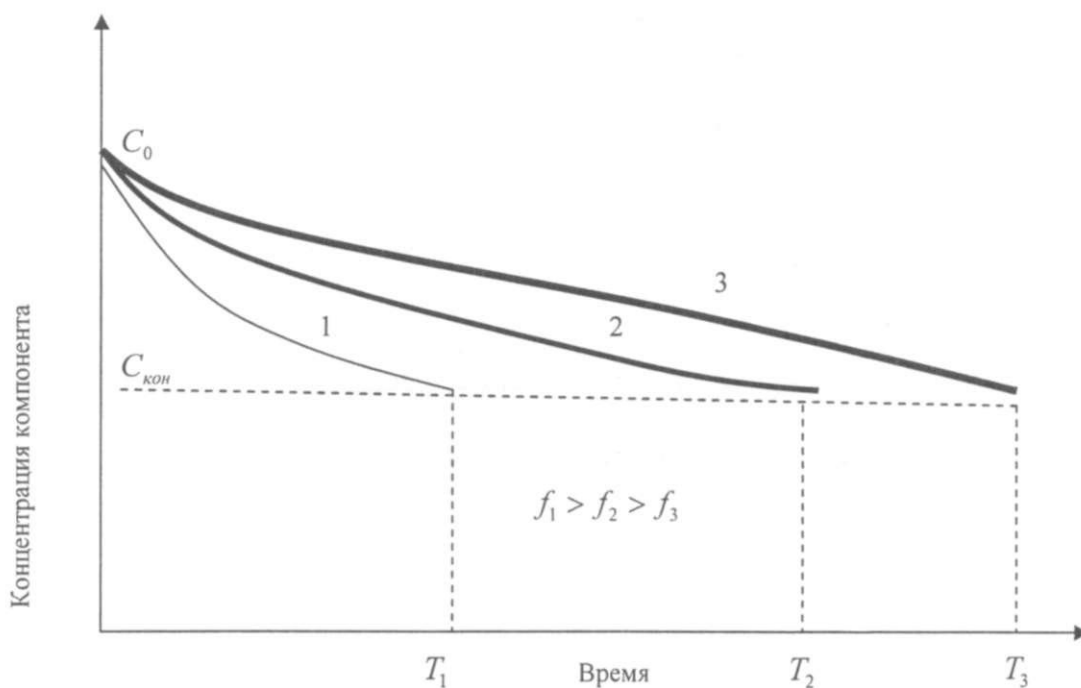


Рисунок 2 - Графическая интерпретация процесса экстрагирования из полидисперсной твердой фазы

Если разделения смеси по фракциям не производится, и все n фракций с различными приведенными поверхностями пребывают в аппарате одно и то же время, средняя степень извлечения в экстракторе должна определяться по формуле:

$$\eta_{cp} = \frac{(C_0 - g(C_0)) \sum_{i=1}^n M_i [1 - \exp(-(1 - g^*) K_i f_i T)]}{(1 - g^*) C_0 \sum_{i=1}^n M_i}. \quad (18)$$

Теоретически оптимальной организацией процесса экстрагирования из полидисперсной смеси будет, таким образом, схема, при которой достигается максимальная средняя степень извлечения. Однако, при совместной обработке фракций с различными приведенными поверхностями оптимальный режим обработки не достигается. Кроме того нужно учитывать, что излишне долгое пребывание в экстракторе мелких фракций может существенно снизить качество основного продукта, что особенно важно в производстве медицинских препаратов.

Отсюда следует вывод, что целесообразна разработка специальных схем и конструкций, обеспечивающих различное время пребывания различных фракций в экстракторе и их своевременный вывод из рабочей зоны. Предложенная в настоящей работе модель может оказаться полезной для дальнейшего анализа этой проблемы и принятия конкретных конструктивных и технологических решений.

Литература

- 1 Трейбал Р. Жидкостная экстракция. -М.: Химия, 1966.- 724 с.
- 2 Белоглазов И.Н. Твердофазные экстракторы. Инженерные методы расчета.- Л: Химия, 1985.- 240 с.
- 3 Yang X., Li X., Huang K., Wei Q., Huang Z., Chen, J., Xie Q. Solvent extraction of gold(I) from alkaline cyanide solutions by the cetylpyridinium bromide/tributylphosphate system// Minerals Engineering.- 2009, Vol. 22 (12).-P.1068-1072

Қорытынды

Қатты полидисперсиялық қоспадан сұйық экстракциялаудың жеңілдетілген моделі ұсынылып отыр. Экстракциялау процесінде мақсатты компонентті бөліп шығарудың орта дәрежесін максималді қамтамасыз ету үшін теориялық талдаудың негізінде есептеу мен экстракциялық процесті ұйымдастыруға нұсқау берілген. Бұл модельді нақты конструктивтік және технологиялық шешімдерді қабылдағанда пайдалануға болады.

Summary

The simplified model of liquid-solid extraction from polydispersed mixtures has been submitted. The recommendations applying to calculating and engineering design of extraction processes for reaching maximum efficiency of a main component purifying have been considered on the base of theoretical analysis. The model can appear useful to acceptance of concrete constructive and technological decisions.