

Синтез и исследование проницаемости мембран на основе цеолита типа MFI¹

Федосов Даниил Александрович

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
химический факультет, Москва, Россия

E-mail: Dfedosov@phys.chem.msu.ru

Мембранные материалы используются для технологического решения ряда производственных задач. Основное применение они находят в разделении и очистке веществ, в последнее время появились также работы по использованию каталитически активных мембран. Важным направлением является разработка мембран для нефтехимических процессов, и здесь одним из перспективных классов являются мембранные материалы на основе цеолитов. В зависимости от типа цеолитной структуры они обладают порами от 0,3 до 0,8 нм, химически стойки, устойчивы при нагревании до 600°C.

В данной работе с варьированием условий синтеза было изготовлено более 20 цеолитных мембран, для получения которых использовали гидротермальную кристаллизацию цеолита MFI на поверхности сетки из нержавеющей стали, покрытой оксидом титана. Цель данного исследования – определить селективность такого типа мембран по отношению к водороду в смеси с углеводородом для возможного использования этих материалов в каталитическом процессе ароматизации пропана.

Физико-химические характеристики мембран были изучены методами РФА, ИК-спектроскопии, нанопермпорометрии, сканирующей электронной микроскопии. Было определено, что мембранный слой действительно образован цеолитом типа MFI. Изучение распределения пор по размерам показало, что основное количество пор имеет размеры 0,5-0,6 нм, также соответствующее структурному типу MFI. Толщина цеолитного слоя варьировалась в диапазоне 20 - 30 мкм.

Для определения характеристик газопроницаемости мембран и проведения каталитических экспериментов была спроектирована и изготовлена ячейка, позволяющая работать при температурах до 600 °С с мембранами диаметром 40 мм. В качестве тестовых газов были использованы азот, водород и пропан. Определяемыми параметрами были проницаемость (P), пермселективность (идеальный фактор разделения двух газов, Ps) и фактор разделения при совместном транспорте газов (α). Согласно литературным данным, эти параметры зависят от размера пор цеолита, ориентации кристаллов, наличия дефектов в слое и его толщины, а также от размера и способности к адсорбции молекул компонентов газового потока [1].

В таблице приведены характеристики мембраны, измеренные при 22 °С и избыточном давлении 0,5 атм. Для определения фактора разделения использовалась смесь водорода и пропана в соотношении 1/1.

P, л/(м ² *ч*атм)			Ps		α
N ₂	H ₂	C ₃ H ₈	H ₂ /N ₂	H ₂ /C ₃ H ₈	H ₂ +C ₃ H ₈
3150	12650	1220	4,0	10,4	1,4

Данная мембрана обладает высокой проницаемостью, пермселективности по газам выше, чем расчетные для кнудсеновского режима диффузии. Однако при совместном транспорте H₂ и C₃H₈ фактор разделения α оказался невелик, что, вероятно, обусловлено сильной адсорбцией молекул пропана в цеолитном слое мембраны.

Литература

1. Burggraaf, A.J. (1999) Single gas permeation of thin zeolite (MFI) membranes: theory and analysis of experimental observations // Journal of Membrane Science, №155, p. 45-65.

¹ Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 06-03-32914, 05-03-32045 и программы «Leonhard-Euler» немецкой службы академических обменов DAAD.