

Влияние морфологии поверхности непористых полимерных мембран на их газоразделительные свойства

Т.С. Сазанова, А.И. Ахметшина, А.А. Атласкин, К.В. Отвагина, И.В. Воротынцев

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 603950,
Нижний Новгород, Россия
yarytova.tatyana@yandex.ru*

Методом атомно-силовой микроскопии в сочетании с методом Дайнеса-Баррера изучены непористые полиамидные мембраны с различной шероховатостью. Проведен сравнительный анализ полученных результатов. Показана корреляция топографии поверхности изученных мембран с их газоразделительными свойствами.

The surface morphology effect of non-porous polymeric membranes on their gas separation properties

T.S. Sazanova, A.I. Akhmetshina, A.A. Atlaskin, K.V. Otvagina, I.V. Vorotyntsev

Nizhny Novgorod State Technical University, 603950, Nizhny Novgorod, Russia

The surface morphology of non-porous polyamide membranes with a different roughness was studied by atomic-force microscopy with combined the Daynes-Barrer method. The comparative analysis of obtained results is carried out. The correlation of the surface topography of studied membranes with their gas separation properties is shown.

В настоящее время интенсивно развиваются мембранные технологии разделения газовых смесей. Эти процессы характеризуются низкой стоимостью, простым аппаратным оформлением, малой энергоемкостью и высокой эффективностью разделения газов. Основными характеристиками мембран, определяющими область их применения, являются проницаемость и селективность газоразделения, а также устойчивость и механическая прочность в условиях эксплуатации.

Для изготовления мембран чаще всего используют полимерные материалы, в виду больших возможностей по управлению их свойствами и структурой путем небольших химических модификаций и изменений технологических параметров в ходе процесса изготовления.

Создание высокоэффективных полимерных мембран для газоразделения тесно связано с различными физическими, химическими и материаловедческими проблемами. Для решения этих проблем необходимо фундаментальное исследование функциональных свойств мембран и их структуры.

В настоящее время разработаны многочисленные методы исследования полимерных мембран, включая физические методы и методы, основанные на поведении мембраны в различных условиях и средах [1,2]. Каждый из них характеризуется множеством преимуществ и недостатков и имеет конкретное применение, исходя из поставленных задач.

Одной из важных задач является изучение влияния морфологии поверхности полимерной мембраны на ее газотранспортные свойства, поскольку одним из первых этапов при газоразделении является контакт газовой смеси с поверхностью мембраны.

Морфологию поверхности мембраны можно оценить, используя такой мощный инструмент для изучения, как атомно-силовая микроскопия (АСМ) [3-5]. Этот метод подходит для исследования полимерных мембран не только за счет высокого латерального и вертикального разрешения, но и его способности получать количественную трехмерную информацию о топографии без разрушения мягкой поверхности полимера. Стоит отметить, что при АСМ-анализе поверхности полимерных мембран различного типа необходимо выделять параметры, определяющие их свойства.

Например, для пористых мембран такими параметрами являются пористость и распределение пор по размерам, а для непористых мембран – структура поверхности и ее шероховатость.

Однако результатов АСМ-визуализации недостаточно для оценки влияния морфологических особенностей полимерных мембран на их газоразделительные свойства. Поэтому для подобной оценки метод АСМ можно использовать в сочетании с методом Дайнеса-Баррера [6, 7].

В настоящей работе такое сочетание методов применялось для изучения непористых полимерных мембран на основе полиамида (ПА), которые были сформированы с помощью автоматического комплекса Memcast (Porometer, Бельгия) на двух стеклянных подложках, поверхность одной из которых была обработана абразивом для увеличения шероховатости. Анализ поверхности полученных мембран проводился на сканирующем зондовом микроскопе SPM-9700 (Shimadzu, Япония) в полуконтактном режиме.

Анализ АСМ-результатов показал, что шероховатость поверхности получаемой мембраны прямо пропорционально зависит от шероховатости поверхности подложки для ее отлива, причем, характер структурирования поверхности остается неизменным.

В свою очередь, сравнительный анализ АСМ-результатов с результатами оценки газотранспортных свойств по методу Дайнеса-Баррера показал, что проницаемость «шероховатого» образца почти в 7 раз превышает проницаемость «гладкого» образца, при этом селективность обоих образцов остается неизменной.

Рост коэффициента проницаемости мембран с ростом шероховатости их поверхности объясняется тем, что с ростом шероховатости, увеличивается реальная рабочая площадь мембраны, а значит, увеличивается площадь контакта мембраны с газовой смесью.

Постоянство селективности мембран с ростом шероховатости их поверхности подтверждает тот факт, что селективные свойства в случае непористых полимерных мембран зависят только от физико-химических свойств полимера.

Кроме того, сравнительный анализ АСМ-результатов с результатами физико-механических испытаний показал, что увеличение шероховатости незначительно снижает показатели разрушающего напряжения на разрыв и эластичности.

Таким образом, показано, что, варьируя значения шероховатости непористой полимерной мембраны, можно контролировать ее коэффициент проницаемости с сохранением селективности и физико-механических показателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта № 15-19-10057.

1. C. Agarwal, A.K. Pandey, D. Pattyn, P. Ares, A. Goswami, A. Cano–Odena, *Journal of Membrane Science* **415-416**, 1 (2012).
2. J. Mulder, *Basic principles of membrane technology* (Kluwer Academic Publishers), 564 (1996).
3. T.S. Sazanova, I.V. Vorotyntsev, V.B. Kulikov, I.M. Davletbaeva, I.I. Zaripov, *Petroleum Chemistry* **56**, 5 (2016).
4. A.I. Akhmetshina, I.M. Davletbaeva, E.S. Grebenshikova, T.S. Sazanova, A.N. Petukhov, A.A. Atlaskin, I.I. Zaripov, I.V. Vorotyntsev, *Membranes* **6**, 1 (2016).
5. K.V. Otvagina, A.E. Mochalova, T.S. Sazanova, A.N. Petukhov, A.A. Moskvichev, A.V. Vorotyntsev, C.A.M. Afonso, I.V. Vorotyntsev, *Membranes* **6**, 2 (2016).
6. H.A. Daynes, *Proceedings of the Royal Society a Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **97**, 685 (1920).
7. R.M. Barrer, E.K. Rideal, *Transactions of the Faraday Society* **35** (1939).