

Характеристика распределения пор по размерам в полимерных мембранах методом капиллярной потоковой порометрии

Stoops¹ L., K. Dotremont¹, D. Pattyn², A. Cano-Odena², Г. Щетников³

¹ VITO, Boeretang 200, 2400 Mol, Бельгия

² Porometer NV, Begoniastraat 17, 9810 Eke, Бельгия

³ ООО "ПромЭнерголаб", 107258, ул. 1-ая Бухвостова, 12/11, г. Москва

info@czi.ru

Метод капиллярной потоковой порометрии (CFP) предполагает вытеснение смачивающей жидкости из сквозных пор образца путем повышения давления потоком инертного газа. Давление (P), требуемое для выдавливания смачивающей жидкости из поры, определяется диаметром данной поры (D). Связь между этими величинами описывается уравнением Юнга-Лапласа [1]: $P = 4 * \gamma / D$, где (γ) - поверхностное натяжение жидкости, контактирующей с газом. Диаметр, рассчитанный данным методом, соответствует самому узкому участку поры, представляющему наибольшее затруднение для прохождения вытесняемой жидкости. Обычно метод CFP применяется для измерения давления в «точке пузырька», которое соответствует размеру наиболее крупной поры в мембране. Кроме того, метод позволяет получать информацию о минимальном и среднем размере пор, а также рассчитать полное распределение пор по размерам в образце.

В капиллярной потоковой порометрии существуют два подхода к измерениям. Метод пошаговой стабилизации давления особенно рекомендуется для научных исследований и разработок. Давление, необходимое для вытеснения жидкости из поры, поддерживается в течение определенного времени, а экспериментальная точка регистрируется, только если критерии стабилизации давления и скорости потока, заданные пользователем, будут достигнуты. В результате метод позволяет нивелировать структурные особенности пор с одинаковым эффективным диаметром, но с различной формой и длиной. Переход к следующей точке происходит только после того, как все поры одного размера будут освобождены от жидкости при текущем значении давления. Во втором методе, сканирующего давления, подача газа происходит в постоянном режиме, без промежуточной стабилизации, и экспериментальные точки регистрируются непрерывно. Такой подход позволяет получать быстрые и воспроизводимые результаты и может быть востребован при контроле качества продукции или при анализе образцов с идентичными порами.

В настоящей работе метод пошаговой стабилизации давления CFP применялся для получения распределения пор по размерам в коммерчески доступных полимерных мембранах для микро- и ультрафильтрации. Некоторые мембраны были также исследованы методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) и методом отсекающего по молекулярному весу (MWCO). Результаты, полученные CFP, SEM и MWCO, хорошо согласуются друг с другом с учетом различий в параметрах, измеряемых в каждом методе. Таким образом, метод капиллярной потоковой порометрии, безусловно, является мощным инструментом для получения точных и воспроизводимых измерений точки пузырька и размера пор, а также полного распределения сквозных пор по размерам в полимерных мембранах. Это может быть полезно как при подборе подходящей мембраны для конкретного применения, так и для дальнейшего исследования мембраны и ее модификации.

Ключевые слова: капиллярная потоковая порометрия, полимерные мембраны, точка пузырька, распределение пор по размерам.

[1] R. E. Collins, C. E. Cooke., *Trans. Faraday Soc.*, **1959**, 55, 1602