**3Д-фотополимерная микростереолитография для печати газовых разделителей, функционирующих по принципу насоса Кнудсена**

***Середенко Роман Александрович***

*Студент*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*Физический факультет, Москва, Россия*

*E–mail:* [*seredenko.ra20@physics.msu.ru*](mailto:seredenko.ra20@physics.msu.ru)

В настоящее время в большом количестве промышленных задач существует потребность в эффективных газоразделительных технологиях. Примерами таких задач являются получение азота, кислорода и благородных газов из воздуха [5], очистка воздуха от углекислого газа, очистка и обработка попутного нефтяного газа [3], разделение изотопных смесей [1]. В то же время эффективность, компактность и энергозатратность современного газоразделения могут быть существенно улучшены использованием новых технологических решений, так как существующие неизменно обладают недостатками как минимум в одной из перечисленных характеристик. Поэтому активно ведутся исследования с целью повышения эффективности или снижения энергетических затрат различных методов разделения.  
Значительным образом развившаяся за последние десятилетия технология микростереолитографической 3Д-печати открывает возможности для создания и прототипирования принципиально новых газоразделительных и фильтрующих элементов.  
 Активно исследуется разделение смесей газов за счет температурных эффектов в мембранах и микроструктурах [4]. Данные эффекты основаны на том, что в свободномолекулярном и переходном режимах течения характеристики потоков компонент смеси с разной молекулярной массой количественно отличаются при наличии пространственных перепадов температуры. Такого рода газовый сепаратор функционирует по принципу насоса Кнудсена.  
Роль структуры, создающей температурный градиент, выполняют решетки из микроканалов, напечатанные методом микростереолитографии. В микроканалах создаются постоянные потоки холодной и горячей жидкости, создающие ненулевую разность температур на мембране.  
 Важно отметить, что существующие теоретические и экспериментальные исследования газоразделения с применением устройств типа насоса Кнудсена [2] включают элементы с небольшим разбросом размеров (приблизительно 2 порядка). Это приводит к тому, что устройство работает с очень низкими объемами газа, что делает его пригодным скорее для исследовательских, чем для промышленных целей. В настоящей научной работе используются мембраны, которые создают разницу в размерах элементов газового разделителя в 3-4 порядка, что существенно увеличивает эффективность разделения.  
 В рамках настоящей научной работы выполнены следующие задачи. Проектирование, печать и исследование напечатанных структур с микроканалами, включая оценку их устойчивости и способности пропускать жидкость при различных давлениях. Анализ тепловых характеристик одной из таких структур, включая теплопроводность и теплопотери в воздухе при нагреве. Исследование двух структур с разными температурами, разделенных мембраной, для оценки возможности поддерживать разницу в температуре с обеих сторон мембраны при таком взаимодействии. Осуществлена сетка экспериментов по оценке эффективности собранной установки в зависимости от числа элементарных микроканальных звеньев.

Источники:  
1. Баранов В. и др. (ред.). Изотопы: свойства, получение, применение. – Litres, 2018. – Т.2.

2. An S., Gupta N. K., Gianchandani Y. B. A Si-micromachined 162-stage two-part Knudsen pump for on-chip vacuum //Journal of Microelectromechanical Systems. – 2013. – Т. 23. – №. 2. – С. 406-416.

3. Hey R. B. Performance Management for the Oil, Gas, and Process Industries: A Systems Approach. – Gulf Professional Publishing, 2017

4. Nakaye S., Sugimoto H. Demonstration of a gas separator composed of Knudsen pumps //Vacuum. – 2016. – Т. 125. – С.154-164.

5. Smith A. R., Klosek J. A review of air separation technologies and their integration with energy conversion processes //Fuel. processing technology. – 2001. – Т. 70. – №. 2. – С. 115-134.