

УДК 544.6

## ИОННО-ТРАНСПОРТНЫЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ КЕРМЕТОВ ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ )<sub>0,8</sub>( $\text{Er}_2\text{O}_3$ )<sub>0,2</sub> – Ag – In

Василиса Сергеевна Ковалева

*Студент 4 курса, бакалавриат  
кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: И.Ю. Сапронов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

*С.В. Федоров,*

*кандидат химических наук, Институт металлургии и материаловедения им. А. А.*

*Байкова РАН*

Современные тенденции электрохимического и мембранного материаловедения нацелены главным образом на понижение рабочих температур эксплуатации применяемых устройств при сохранении функциональных транспортных характеристик, присущих высокотемпературным системам [1-2]. Такой подход приведет к большей долговечности электрохимических устройств в процессе длительной эксплуатации, их последующей рентабельности и массовости [3, 4].

Так, среди среднетемпературных ионно-транспортных мембранных материалов для получения кислорода из воздуха наиболее впечатляющие транспортные показатели при 500-700 °С демонстрируют керметы, где в качестве электропроводящего компонента выступает серебро, а в качестве кислород-ионопроводящего – стабилизированный оксид висмута [5]. При этом основной проблемой, затрудняющей практическое использование таких керметов в современных сепараторах и генераторах чистого кислорода, является неустойчивость взаимопроникающей структуры металлической и керамической составляющих в процессе эксплуатации. Это сопровождается утратой непрерывной связности по серебру в объеме по причине коагуляции частиц серебра, в результате чего наблюдается значительное ухудшение производительности мембран. Другой проблемой керметов может стать сложность сохранения высокой плотности и селективности мембран при нагреве за счет различия в коэффициентах термического расширения керамической и металлической компонентов.

В настоящей работе предложен способ получения методом горячего прессования высокоплотных керметных материалов ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ )<sub>0,8</sub>( $\text{Er}_2\text{O}_3$ )<sub>0,2</sub>-Ag-In, лишенных проблемы нежелательной деградации микроструктуры и транспортных свойств в процессе длительной эксплуатации. Это было достигнуто за счет введения модифицирующей добавки In, которая совместима с ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ )<sub>0,8</sub>( $\text{Er}_2\text{O}_3$ )<sub>0,2</sub>, а также гидрофильна по отношению к Ag. Кроме того, In выступает в качестве пластификатора в процессе горячего прессования. Была подобрана методика получения газоплотных керметных материалов на основе стабилизированного оксида висмута и серебра, изучены их микроструктура, электропроводность и проницаемость по кислороду. Компактирование керметных мембран проводили с помощью установки горячего прессования (HP20-3560-20, Thermal Technology Inc., США) в условиях вакуума при 780 °С в течение 1 ч с усилием 6 МПа. Отжиг спрессованных образцов проводили на воздухе при 500, 600 и 700 °С в течение 24 ч. Измерение пористости и кажущейся плотности образцов определяли методом гидростатического взвешивания.

Микроструктуру изучали с помощью оптической микроскопии (GX51, Olympus, Япония). Электропроводность измеряли двухзондовым методом с помощью потенциостата (1285A, Solartron, США). Проницаемость по кислороду и селективность мембран изучали в специально сконструированной ячейке с помощью газового хроматографа (Кристаллюкс-4000М, ООО «НПФ «Мета-хром», Россия). В результате работы было установлено оптимальное содержание металлической фазы (30 масс. %) в материале, при котором достигаются высокие значения проницаемости по кислороду ( $5 \cdot 10^{-9}$  моль·см<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>) и электронной проводимости ( $\sim 10^3$  См/см) при 700 °С. Таким образом, предложенная методика позволяет получить газоплотные керметные мембраны для получения чистого кислорода, которые превосходят по селективности изготовленные традиционным керамическим методом керметные мембраны.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 17-08-01079-а.

### Литература:

1. V.V. *Belousov*. Next-Generation Electrochemical Energy Materials for Intermediate Temperature Molten Oxide Fuel Cells and Ion Transport Molten Oxide Membranes// American Chemical Society, 50 (2017) 273.
2. А. Б. *Ярославцев*. Основные направления разработки и исследования твердых электролитов // *Успехи химии*. 85 (2016) 1255.
3. N. *Mahato*, A. *Banerjee*, A. *Gupta*, S. *Omar* and K. *Balani*. Progress in material selection for solid oxide fuel cell technology: A review // *Prog. Mater. Sci.* 72 (2015) 141.
4. E. D. *Wachsman*, K. T. *Lee*. Lowering the temperature of solid oxide fuel cells // *Science*. (2011) 334 935.
5. J. *Sunarso*, S. *Baumann*, J. M. *Serra*, W. A. *Meulenberg*, S. *Liu*, Y. S. *Lin*, and J. C. *Diniz da Costa*. Ceramic membranes with mixed conductivity and their application. // *Membr. Sci.* (320) 2008 13.