

А.В. Кузьмин^{а,б}, С.Г.Власова^{а,б}, С.Т.Жаркинова^{а,б},
Н.М.Поротникова^{а,б}, В.А.Еремин^{а,б}, А.С.Фарленков^{а,б}
(^а) ИВТЭ УрО РАН, (^б) УрФУ, Екатеринбург, РФ)

СТЕКЛОГЕРМЕТИКИ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ – это устройства для получения электрической энергии на базе оксидных твердых электролитов, которые имеют важные преимущества перед традиционными источниками энергии: высокие значения к.п.д. (до 70%), экологичность, широкий диапазон применяемого топлива и толерантность к его чистоте, бесшумность и другие. На основе ТОТЭ возможна замена традиционной системы энергоснабжения распределенной энергетикой, когда генераторы электрического тока располагаются на местах потребления, а топливо к ним поступает по газопроводу. Переход к распределенному электроснабжению позволит многократно снизить стоимость электроэнергии.

Проблема склейки и герметизации топливных элементов является одной из наиболее сложных из числа технологических проблем, связанных с изготовлением стека в конструкции ТОТЭ. Это связано с высокой рабочей температурой (~ 900°C) и, следовательно, с жесткими требованиями по совместимости по ТКЛР соединяемых материалов. Существует ряд требований, которым должны удовлетворять герметики: химическая стабильность, как в восстановительной, так и в окислительной среде; отсутствие взаимодействия с другими функциональными материалами; низкая проводимость; хорошая адгезия и механическая прочность; близкий ТКЛР к материалам сборки; хорошая вязкость при рабочей температуре ячейки.

В настоящее время хорошо зарекомендовали себя высокотемпературные силикатные стекла в качестве материалов для склейки и герметизации ячеек электрохимических устройств [1]. Стеклогерметики идеально подходят в качестве герметизирующих материалов при повышенной температуре (600-900°C), поскольку они становятся вязкими, вследствие чего можно снизить напряжения между деталями склейки, варьировать конструкцию ячеек [2–5].

В рамках настоящего исследования синтезированы стекла системы $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO-MgO-Na}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Y}_2\text{O}_3$ с различным соотношением исходных компонентов для применения в качестве герметиков ТОТЭ при рабочих температурах ~ 800°C. Полученные материалы имеют аморфную структуру, химические составы практически соответствуют заданным значениям. Температура склейки стекол составляет 1050 ± 20 °C.

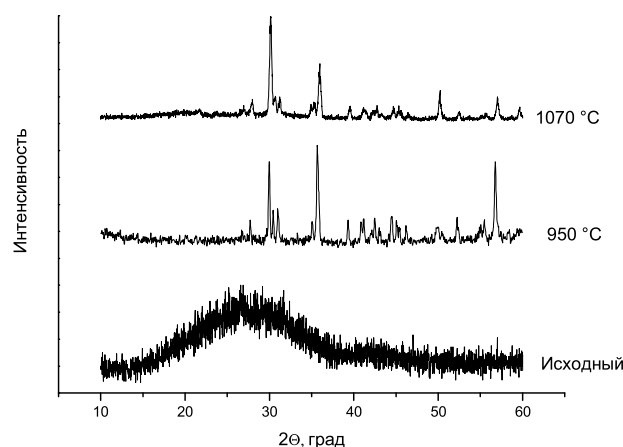


Рисунок 1 - Рентгенограммы образцов стеклогерметика, отожженных при различных температурах

Термические свойства выбранных составов стекол изучены методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и высокотемпературной дилатометрии. Определены температуры стеклования (T_g) и кристаллизации (T_c). При температурах выше T_c , по данным РФА, происходит образование кристаллических фаз диопсида ($\text{CaMgSiO}_2\text{O}_6$) и волластонита (CaSiO_3). Определены значения ТКЛР для рентгено-аморфных образцов и образцов, содержащих кристаллические фазы. Выявлены составы с оптимальными значениями ТКЛР.

Исследования методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) показали, что стеклогерметики формируют газоплотную склейку YSZ/стекло/Crofer22APU с хорошей адгезией стекла к склеиваемым материалам. На границе электролит/стекло взаимодействия материалов не наблюдается, на поверхности сплава Crofer22APU формируется слой оксида хрома, диффундирующий в объем стекла. Методом РЭМ подтверждено наличие процессов кристаллизации силикатных фаз.

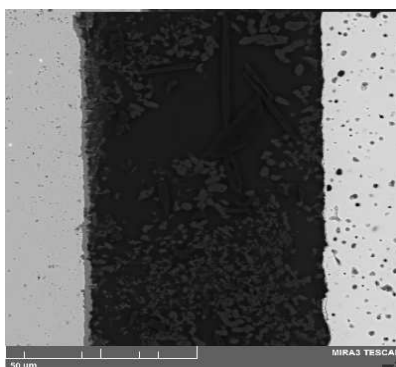


Рисунок 2. Микрофотография поперечного сечения склейки Crofer22APU/стеклогерметик/YSZ

Проведенные исследования являются важным этапом в создании коммерческой модели энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов. Работа выполнена в рамках Постановления Правительства РФ № 218 по договору № 02.G25.31.0198 «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных источников тока широкого назначения на базе отечественных высокоэффективных твердооксидных топливных элементов». При проведении исследований использовалось оборудование Центра коллективного пользования "Состав вещества" ИВТЭ УрО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fergus J. W. Sealants for solid oxide fuel cells // *Journal of Power Sources*. 2005. V. 147. P. 46–57.
2. Lessing P.A. A review of sealing technologies applicable to solid oxide electrolysis cells // *J. Mater. Sci.* 2007. V. 42(10). P. 3465–3476.
3. Mahapatra M.K., Lu K. Glass-based seals for solid oxide fuel and electrolyzer cells-a review // *Materials Science and Engineering R*. 2010. V. 67. P. 65–85.
4. Basu R.N., Blass G., Buchkremer H.P., Stover D., Tietz F., Wessel E., Vinke I.C. Simplified processing of anode-supported thin film planar solid oxide fuel cells // *J. Eur. Ceram. Soc.* 2005. V. 25. P. 463–471.
5. Basu R.N., Das Sharma A., Dutta A., Mukhopadhyay J. Processing of high performance anode supported planar solid oxide fuel cells // *Int. J. Hydrogen Energy*. 2008. V. 33. P. 5748–5754.

УДК 661

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

П.С. Гордиенко, проф., д-р техн. наук (ИХ ДВО РАН, Владивосток);
В.А. Достовалов, проф., д-р техн. наук;
В.К. Усольцев, доц., канд. техн. наук
(ДВФУ, Владивосток)

Решение проблемы получения высокоэффективных защитных покрытий на сплавах алюминия, титана, которые эксплуатируются в коррозионно-активной морской среде, весьма актуально в настоящее время. Разработка специализированного, программируемого источника питания с компьютерным управлением параметрами процесса МДО, регистрацией и обработкой получаемых результатов является важнейшей задачей при решении вопросов получения покрытия с за-