

Таким образом, вставки с завихряющими устройствами, имеющими геометрически резкие выступающие элементы, препятствующие движущемуся потоку с двухфазной (пароводяной) структурой, увеличивают гидравлическое сопротивление и не способствуют снижению вибраций трубопровода. В связи изложенным, понадобилась дальнейшая разработка пассивных завихряющих устройств, имеющих геометрию, не влияющую на гидравлическое сопротивление или снижающую его.

Список использованных источников

1. Федорович Е. Д., Фокин Б. С., Аксельрод А. Ф. [и др.] Вибрации элементов оборудования ЯЭУ. М. : Энергоатомиздат, 1989. 168 с.
2. Велькин В. И., Щеклеин С. Е., Петров А. С., Немихин И. Ю. Стенд для исследований вибраций трубопроводов с двухфазным потоком // Энергосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сб. тезисов докладов науч.-практ. конф. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2002.
3. Zhang T., Zhang Y. O., Ouyang H. Structural vibration and fluid-borne noise induced by turbulent flow through a 90° piping elbow with/without a guide vane // International Journal of Pressure Vessels and Piping. 2015. Vol. 125. P. 66–77.
4. Yang Liu, Shuichiro Miwa, Takashi Hibiki, Mamoru Ishii, Hideyuki Morita, Yoshiyuki Kondoh, Koichi Tanimoto. Experimental study of internal two-phase flow induced fluctuating force on a 90° elbow // Chemical Engineering Science. 2012. Vol. 76. P. 173–187.
5. Chen An, Jian Su. Dynamic behavior of pipes conveying gas–liquid two-phase flow // Nuclear Engineering and Design. 2015. Vol. 292. P. 204–212.

УДК 544.6.018.462.2

ПОИСК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

THE SEARCH FOR NEW MATERIALS FOR SOLID OXIDE FUEL CELLS

Храмцов Я. В., Толкачева А. С.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, mail-content@mail.ru

Khramtsov Y. V., Tolkacheva A. S.
Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе представлен анализ мирового потребления источников энергии. Проанализированы перспективы развития

энергоэффективных и экологически чистых технологий, в частности ТОТЭ. Показано существование новых соединений с уникальными свойствами.

Abstract: In this work world energy consumption analysis is presented. Development prospects of energy effective and environmentally friendly technologies namely SOFC are analyzed. Existence of new compounds with unique properties is shown.

Ключевые слова: водородная энергетика; топливные элементы; электролит; майенит; энергия.

Key words: hydrogen energetics; fuel cells; electrolyte; mayenite; energy.

Водородная энергетика – одно из перспективных и активно развивающихся направлений современной науки. Преимущество водородного топлива – это его экологичность. Энергия ветра, солнца и мирного атома может быть использована для получения водорода, который соответственно может использоваться в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). В работе [1] приводится оценка текущего использования энергии различных видов. В настоящий момент возобновляемые источники энергии вносят около 13 % вклада в мировое потребление энергии, в то время как невозобновляемые нефть и уголь – до 80 %. Потенциал роста производства энергии с использованием водорода оценивается в 150 ЭДж (10^{18}).

Для получения энергии химическим способом используются топливные элементы. У России, по мнению экспертов, есть 20 %-ный резерв увеличения количества энергии в случае реализации инновационных проектов в области сверхпроводников и умных сетей, накопителей энергии различных типов, водородной энергетике и топливных элементов. Ключевым типом материалов для ТОТЭ являются твердые электролиты.

Уникальность твердых электролитов заключается в том, что они обладают особым механизмом переноса электрического тока, в котором носителем тока являются ионы, например O^{2-} . К достоинствам ТОТЭ относятся: высокий КПД, низкая токсичность, бесшумность, модульная конструкция, низкая себестоимость получаемой энергии. Недостатком такой технологии является высокая стоимость и строгие требования к конструкционным материалам устройств. Выработка энергии осуществляется путем электрохимической реакции, происходящей в электролите, на катоде и аноде. Твердые электролиты успешно применяются в переносных топливных ячейках, источниках света, устройствах для получения чистых газов.

Поиск новых материалов для применения их в ТОТЭ – это одна из наиболее актуальных задач. Одним из перспективных материалов являются соединения с принципиально новым строением кристаллической решетки типа майенита.

Минерал майенит $Ca_{12}Al_{14}O_{33}$ – сложный оксид кальция и алюминия. Структура материала представлена на рис. 1. Изоструктурный пиропу

$\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ из группы гранатов майенит отличается тем, что в нем отсутствуют атомы Si. Кремний замещен трехвалентным Al^{3+} что придает майениту уникальные свойства. Решетка майенита обладает кубической сингонией с пространственной группой $I\bar{4}3d$, параметр решетки $a=11,9 \text{ \AA}$. Особенностью соединения является наличие кейджей (от англ. cage – камера) в трехмерном алюминий-кислородном каркасе.

Подобное строение имеют такие соединения, как цеолиты, фуллерены и мембраны Nafion. Майенит обладает высокотемпературной анионной проводимостью. Установлено, что электропроводность майенита можно регулировать в широком диапазоне от 10^{-10} до 10^3 Ом/см электронным допированием.

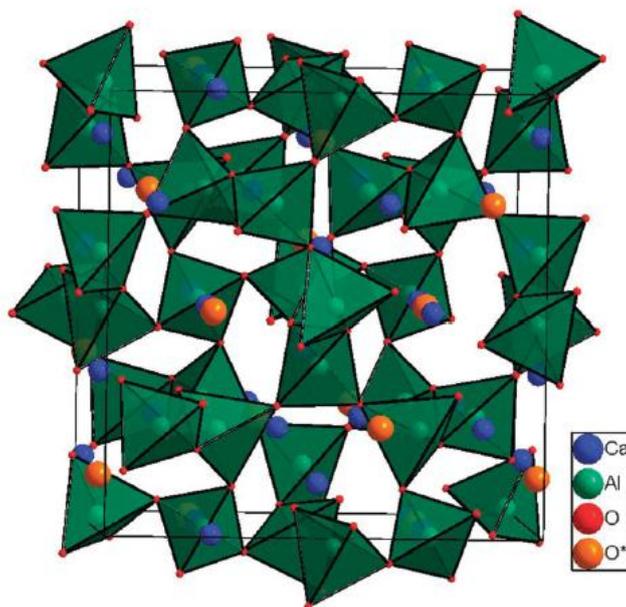


Рис. 1. Структура майенита по [2]

В работе проведен поиск новых соединений со структурой майенита в тройной системе оксидов: $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$. Было обнаружено соединение $\text{Ca}_{14}\text{Al}_{10}\text{Zn}_6\text{O}_{35}$, ранее встречавшееся в литературе, как побочный продукт цементной промышленности. Согласно [3] структура $\text{Ca}_{14}\text{Al}_{10}\text{Zn}_6\text{O}_{35}$ имеет две разных группы тетраэдров (рис. 2). В первой группе четыре цинк-кислородных тетраэдра соединяются одним общим атомом кислорода. Во второй группе, называемой кристобалитовым узлом, каждый атом кислорода в двухслойном пакете принадлежит двум алюминий-кислородным тетраэдрам (рис. 3). В $\text{Ca}_{14}\text{Al}_{10}\text{Zn}_6\text{O}_{35}$ четыре из пяти независимых позиций заняты Zn, а Al находится в тетраэдрическом окружении. Пятая независимая позиция – в нормальном октаэдрическом окружении. В структуре есть три независимых катиона Ca в семи-координированном полиэдре.

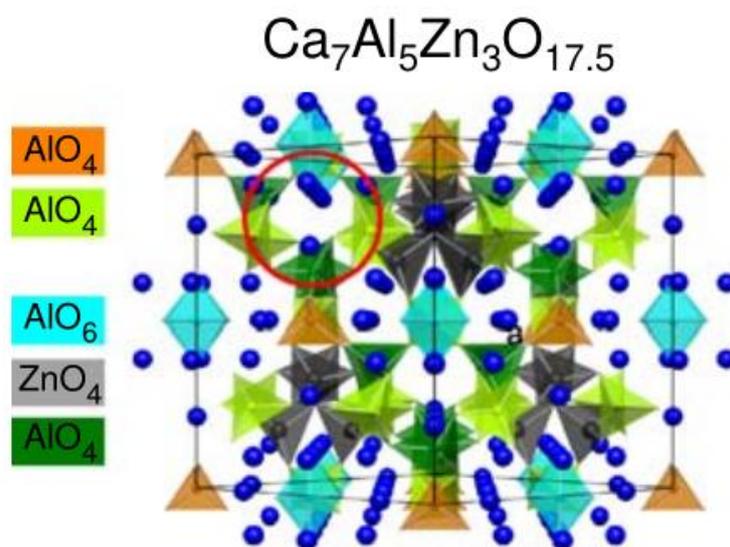


Рис. 2. Кристаллическая структура $\text{Ca}_7\text{Al}_5\text{Zn}_3\text{O}_{18}$

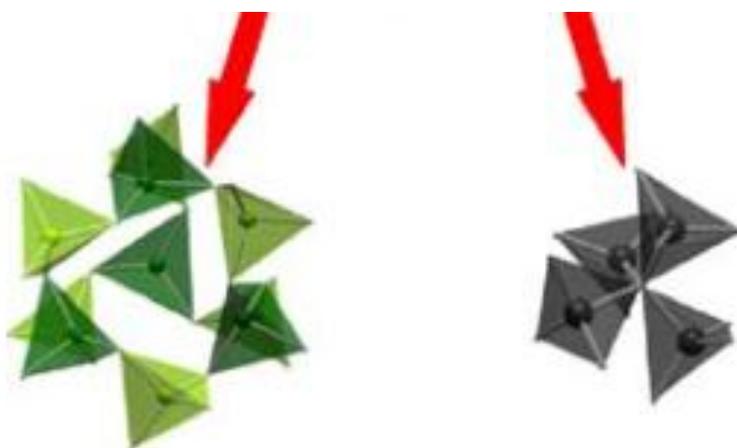


Рис. 3. Структура кристобалитового и цинкового узла $\text{Ca}_{14}\text{Al}_{10}\text{Zn}_6\text{O}_{35}$

Это соединение имеет общие элементы структуры с майенитом, а поэтому также может быть использовано в ТОТЭ или других технологических применениях.

Энергетическая проблема является очень важной наравне с глобальным голодом и нищетой. Основную роль в обеспечении человечества энергией в развитых странах играют ископаемые ресурсы, запасы которых строго лимитированы, и, даже при лучшем стечении обстоятельств, разные их виды закончатся при текущем расходе примерно через 50 или 100 лет. Высокоэффективна сейчас атомная энергетика, но основана она также на ограниченных запасах определенных видов ядерного топлива.

Производство энергии является стратегической задачей. Одним из драйверов развития этих технологий уже на данный момент служит электрохимическая энергетика. Взаимное преобразование разных видов энергии – перспективное направление для работы над новыми технологиями.

Список использованных источников

1. Hydrogen Economy: Encyclopedia of Inorganic and Bioinorganic Chemistry / Stephen A. Wells, Asel Sartbaeva, Vladimir L. Kuznetsov, Peter P. Edwards. NY: John Wiley & Sons Ltd., 2011. 35 p.
2. Physical Chemistry Chemical Physics. 2015. Vol. 17. P. 6844-6857.
3. The disordered cubic structure of $\text{Ca}_7\text{Co}_3\text{Ga}_5\text{O}_{18}$ / J. Grins, S. Ya. Istomin, G. Svensson, J. P. Attfield, E. V. Antipov // Journal of Solid State Chemistry. 2005. Vol. 178. P. 2197-2204.

УДК 662.76

ПОЛОЖЕНИЕ ВОДОРОДА В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

THE POSITION OF HYDROGEN IN MODERN ENERGY

Хусаинов А. А., Филиппов П. С., Рыжков А. Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, А.А.Khusainov@mail.ru

Khusainov A. A., Filippov P. S., Ryzhkov A. F.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе описаны преимущества использования водорода в качестве топлива для электрогенерации. Проанализированы современные решения по получению водородного топлива и влияния его использования в качестве энергоресурса на окружающую среду. Сделаны выводы об актуальности использования топлива с высоким содержанием водорода в мировой энергетике.

Abstract: This paper describes the advantages of the use of hydrogen as power generation fuel. Analyzed modern solutions for the production of hydrogen fuel and the impact of its use as an energy source on the environment. The conclusions about the relevance of the use of fuel with a high content of hydrogen in the global energy sector is conducted.

Ключевые слова: топливо с высоким содержанием водорода; реакция водяного сдвига; ПГУ-ВЦГ; синтез-газ.

Key words: high-hydrogen content fuel; water-gas shift; IGCC; syngas.

В настоящее время защита окружающей среды в процессе электрогенерации – является важной проблемой на мировом уровне. Потребление электроэнергии населением и промышленностью увеличивается с каждым годом, что неизбежно несет за собой необходимость повышения