

ДЕМОНСТРАЦИОНЕН ГОРИВЕН ЕЛЕМЕНТ

М.Митов, Я.Петров*, Ст.Манев

*Катедра "Химия", Югозападен университет "Неофит Рилски" - Благоевград
* Институт по Електрохимия и Енергийни Системи, БАН, София*

Резюме. В опит да бъдем в крак със световните тенденции, екипът ни създаде прототип на *регенеративен горивен елемент*. Прототипът се отличава със сравнително проста конструкция, използване на безопасни за работа материали и реактиви, както и възможност за визуално наблюдение на протичащите процеси. Използването на неплатинови катализатори снижава значително себестойността на модела. Отличителна черта на прототипа е и че съчетава в едно устройство функциите на електролизер, газ-холдери за съхранение на генерираните газообразни водород и кислород и горивен елемент. Разработеният горивен елемент е в състояние да захрани консуматори с малка мощност като светодиоди, дигитални дисплеи и др. За пълноценното използване на предложения модел е разработен и набор от експерименти, които могат да се използват за демонстрации, а също така и в класните и извънкласни форми на обучение по химия и физика за средния курс.

Горивните елементи се считат за едни от най-перспективните преобразователи на енергия, по-специално за производство на електроенергия [1]. Те се характеризират с много голям коефициент на полезно действие, който при някои от известните типове достига 85% при едновременно използване на електрическата и топлинната енергия [1,2]. Производството и приложението на горивните елементи засега е твърде ограничено, главно поради използването на скъпи катализатори и други конструкционни материали, както и относително високата себестойност на използваните понастоящем методи за производство и съхранение на водород [1]. Интензивните научно-изследователски и пилотни проекти за преодоляване на съществуващите проблеми, щедро финансирани както от водещи световни компании, така и от държавни фондове на развитите страни, подкрепят очакването, че сме на прага на значителна по мащабите се техническа и технологична реорганизация, свързана с предстояща комерсиализация на горивните елементи и замяна в рамките на следващите 1-2 десетилетия на съществен дял от използваните понастоящем източници и преобразователи на енергия, както за транспортни и мобилни, така и за стационарни приложения [1-3]. При бурните темпове на развитие на съвременните технологии, не е изключено тези прогнозни срокове дори да бъдат съкратени.

Съвсем закономерно, през последните няколко години се наблюдава засилено предлагане на различни типове демонстрационни горивни елементи. Една от целите на разработените демонстрационни прототипи, разбира се, е да привлекат вниманието на потенциалните потребители. По-същественото, обаче, е да се популяризира принципът на действие и възможностите за различни приложения на горивните елементи особено сред подрастващите, които ще е необходимо да бъдат подготвени за очакваната смяна на технологиите. С тази идея, голяма част от предлаганите демонстрационни горивни елементи са насочени към различни степени на образованието.

За съжаление, цената на предлаганите демонстрационни комплекти е твърде висока и с малки изключения, практически недостъпна за българските средни и висши

училища. Основната причина за високата цена е използването на скъпи електроди-катализатори и мембрани, такива каквито се използват и в реалните системи.

Отчитайки фактът, че за демонстрационни цели не са от най-съществено значение експлоатационните характеристики на съответния модел, ние предприехме експерименти с по-евтини и достъпни материали с оглед създаването на демонстрационен горивен елемент за учебни цели.

За реализирането на подобен прототип на горивен елемент поставихме няколко водещи критерии при избора на отделните компоненти:

1) Използваните материали за изготвяне на основните детайли и компоненти да бъдат със сравнително ниска цена.

2) Всички използвани материали и реактиви да бъдат максимално безопасни за работа и за околната среда, което да позволява от една страна моделът да бъде ползван от ученици и студенти без риск за тяхното здраве и от друга страна, при евентуално възникване на авария да няма изтичане на вредни или опасни вещества.

3) Цялостната конструкция да бъде сравнително лесна за изпълнение и да дава възможност за добро наблюдение на протичащите процеси и явления.

Следвайки тези критерии проведохме набор от експерименти, чрез които поетапно подбрахме и оптимизирахме отделните компоненти.

Известно е, че най-добрите катализатори по отношение на реакциите на електрохимично окисление на водорода и редукция на кислорода са платиновите [4,5]. Някои други метали, като например никелът и кобалтът, също показват задоволителна каталитична активност по отношение на посочените реакции [4,5], при това са значително по-евтини.

В първоначалния етап на разработката експериментирахме с електроди от неръждаема стомана, имайки предвид, че една от легиращите добавки в неръждаемите стомани е именно никел, а освен това те са корозионно устойчиви в електролити, използвани в някои типове горивни елементи. След провеждане на електролиза в алкален електролит, при която на катода и анода се получават съответно водород и кислород, с помощта на волтметър се измерваше клемното напрежение между двата електрода, а чрез включване на милиамперметър се проверяваше дали във веригата протича електричен ток. Въпреки големите стойности на измерваното напрежение (~ 1.2 V на единична клетка, съответно ~ 3.6 V при реализиране на елемент от три последователно свързани клетки), независимо от продължителността на предварително провежданата електролиза, концентрацията на електролита и визуално наблюдаваното количество газове мехурчета, прилепнали към съответните електроди, регистрираните стойности на тока бяха съвсем малки – 2÷4 mA. Макар и минимални, все пак отклоненията на стрелката на милиамперметъра показваха, че в изследваните елементи протича токогенерираща реакция, но с твърде малка скорост. Естествено, причината за тази малка скорост, респективно много малки стойности на генерирания ток, е ниската електрокаталитична активност на изследваните електроди по отношение на съответните електродни полуреакции. Това от една страна се дължи на ниското съдържание на никел в електродния материал (неръждаема стомана), а от друга – на малката активна повърхност на самите електроди, изработени от гладка листова ламарина.

За да преодолеем недостатъците на първоначално изследваните електроди, в следващите експерименти използвахме никелова мрежа, предназначена за изготвяне на някои видове електроди за батерийното производство. По този начин постигнахме значително по-голяма работна електродна повърхност, а чрез нанасяне на някои неплатинови катализатори по технология подобна на тези за изготвяне на газодифузионни електроди [6] - и по-висока електрокаталитична активност. В резултат на използването на този нов тип електроди генерираният ток се увеличи с повече от порядък.

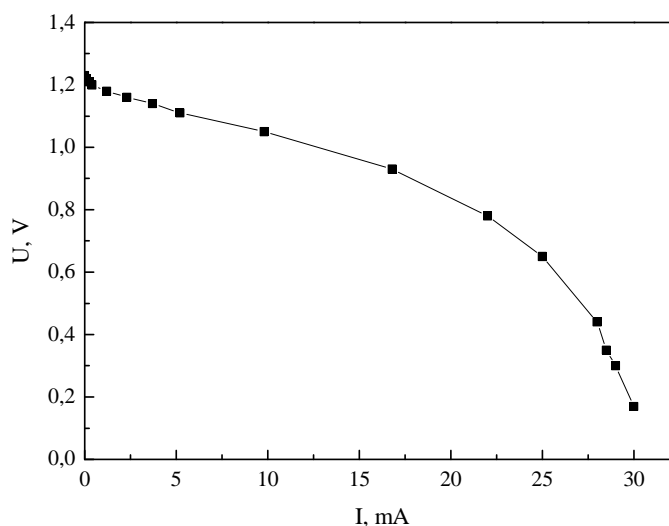
С оглед на безопасността при работа с елемента, заменихме използваният в алкалните акумулаторни батерии и в алкалните горивни елементи силно агресивен електролит (6M KOH) с много по-безвреден разтвор на натриев хидрогенкарбонат. Предимство на последния е неговата широка достъпност и лесно съхранение, даващи възможност демонстрационният прототип да се тества и в извънлабораторни условия.

Тествахме корпуси от различни прозрачни материали – стъкло, плексиглас, изостирен, изопропилен и др., което доведе до разнообразие от конструкционни модификации на демонстрационния модел.

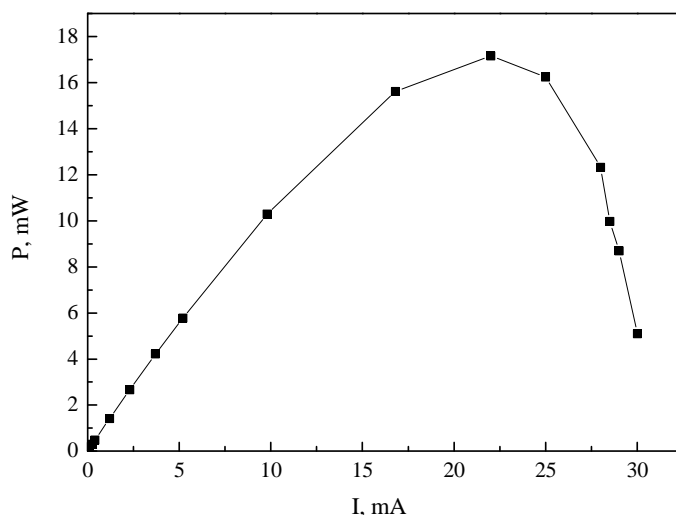
Въз основа на проведените тестове се оформи конструкцията на регенеративен горивен елемент [1], състоящ се от една или няколко последователно свързани клетки. Всяка клетка се състои от прозрачен корпус, пълен с воден разтвор на натриев хидрогенкарбонат. В електролита са потопени два електрода от нанесени върху никелова мрежа неплатинови катализатори, които са отделени един от друг посредством прозрачни (полиетиленови) сепаратори. Необходимите за функционирането на горивния елемент водород и кислород се получават в самите клетки чрез електролиза на вода, осъществена чрез подаване на външно напрежение от обикновена 9V батерия. Проведени са успешни експерименти за захранване на елемента в режим на електролизатор и посредством фотоволтаичен елемент с подходящи електрически параметри.

Освен разделяне на получаващите се при електролизата водород и кислород, сепараторите, в които са поставени електродите, изпълняват ролята и на газ-холдери. Те задържат газовете в приелектродните пространства до тяхното електрохимично превръщане, когато във веригата се включи консуматор и елемента започне да работи като източник на ток.

Така конструируаният горивен елемент, въпреки опростената си конструкция, демонстрира експлоатационни характеристики, напълно задоволителни за учебни цели – фиг.1 и 2:

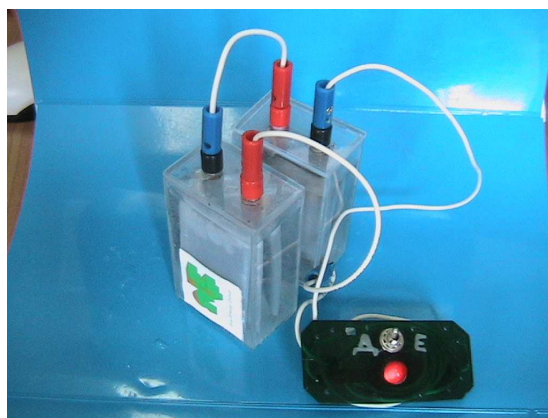


Фиг.1. Волт-амперна характеристика на демонстрационния горивен елемент.



Фиг.2. Зависимост мощност-генериран ток, получена с демонстрационния горивен елемент.

Генерираният ток от няколко десетки милиампера и мощност 15-20 mW на единична клетка са достатъчни за захранване на малки консуматори като светодиоди, цифрови дисплеи и др. – фиг.3:



Фиг.3. Захранване на светодиод с горивен елемент, състоящ се от две последователно свързани клетки.

Важна част от цялостната ни идея е популяризирането на технологията на горивните елементи, както чрез създадения демонстрационен прототип, така и с други информационни средства.

Разработена бе мултимедийна презентация за същността на водородната икономика и постиженията в областта на технологията на горивните елементи. Тя бе използвана като уводна беседа в организирани демонстрационни презентации пред студенти и ученици от Благоевград. Освен, че спомогна за осмисляне на важноста и актуалността на проблема, мултимедийната презентация анимира и принципа на действие на горивните елементи, което до голяма степен улесни разбирането и повиши интереса у аудиториата към демонстрирането на разработения от нас прототип.

Демонстрационният горивен елемент бе включен и в лабораторния практикум по учебната дисциплина “Приложна електрохимия” за студенти, обучавани в катедра “Химия” на Югозападен университет “Неофит Рилски” - Благоевград.

Желанието да популяризираме пред широката общественост постиженията и бъдещите ни планове даде идея да разработим и уеб-страница, която е публикувана в Internet (<http://demo-fc.hit.bg>).

С оглед на постигнатите резултати, екипът ни, в който са включени ученици, студенти и докторанти, има намерение да продължи своята изследователска и популяризаторска дейност в изключително интересната и перспективна област на горивните елементи.

Въз основа на досегашния ни опит и обменени мнения бихме искали да отбележим, че

1) Високи технологии като тази на горивните елементи могат да бъдат успешно демонстрирани чрез използване на опростени и нескъпи прототипи.

2) Притежавайки основни теоретични познания за принципите на действие, обучаеми от различни образователни степени са в състояние да разработят подобни прототипи и да ги използват за популяризиране на технологията.

3) Анимирането на учебния процес чрез използването на демонстрационни модели, представящи нови и иновационни технологии, повишава интереса на обучаемите към химичните и физичните науки, които като цяло не са особено популярни сред младите хора през последните години.

С оглед на тези констатации, възнамеряваме да започнем пилотен проект, чрез който да намерим адекватно приложение на постигнатите практически резултати в класните и извънкласни форми на обучение по химия и физика.

В рамките на този проект се предвижда семинар с участието на учители, на който заедно да потърсим подходящи форми за представяне на тази и подобни авангардни технологии.

Надяваме се, че подобен проект ще способства за осъвременяване на учебното съдържание, както и за намиране на нови по-гъвкави форми на обучение.

Литература

1. **Митов, М., И.Кондев, Я.Петров, Ст.Близнаков, А.Попов**, *Химия*, **12**, 455 (2003)
2. **Winter, M., R.J.Brodd**, *Chem. Rev.*, **104**, 4245 (2004)
3. **Acres, G.J.K.**, *J.Power Sources*, **100**, 60 (2001)
4. **Enyo, M.**, in: *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*, vol.7, ed. by B.E.Conway, J.O'M. Bockris, E.Yaeger, S.U.M.Khan and R.E.White, Plenum Press, New York, 1983, Ch.5, pp. 241-300
5. **Tarasevich, M.R., A.Sadkowsk, E.Yeager**, in: *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*, vol.7, ed. by B.E.Conway, J.O'M. Bockris, E.Yaeger, S.U.M.Khan and R.E.White, Plenum Press, New York, 1983, Ch.6, pp. 301-398
6. **Gamburzev, S., W.Zhang, O.Velev, S.Srinivasan, J.Appleby, A.Visintin**, *J.Appl. Electrochem.*, **5**, 545 (1998)

DEMONSTRATION FUEL CELL

M. Mitov, Y. Petrov*, S. Manev

Department of Chemistry, South-West University “Neofit Rilski” , Blagoevgrad

**Institute of Electrochemistry and Energy Systems – BAS, Sofia*

Natural fuels exhaustion and the threatening increase of environmental pollution related to their ever-growing consumption present two interacting global problems requiring urgent measures. The main hopes for coping with these problems lie in the concept of the so-called **hydrogen economy** and the adjacent technologies for use of renewable energy sources. The exceptional significance of these technologies for attaining contemporary civilization's sustainable development has recently predetermined their active demonstration in educational programs at various levels. In countries such as the USA, Canada, Great Britain, Germany, Japan and many others these activities have been elevated to a state policy and are financed by target funds.

Trying to keep track with the world tendencies our work team has developed a **regenerative fuel cell** prototype. It is characterized by a relatively simple construction, the use of safe materials and reactants as well as by the possibility for visual observation of the occurring processes. The use of non-platinum catalysts has significantly lowered the cost of the model. The prototype's special feature is that it combines in a single device the functions of an electrolyzer, gas-holders for storing of the generated gaseous hydrogen and oxygen and a fuel cell.

The developed fuel cell can supply low power devices like LED's, LCD's, etc.

A set of experiments, which could be used for demonstrations, as well as for curriculum and extra-curriculum forms of secondary school training in chemistry and physics has been designed in order to achieve full utilization of the proposed model. The development of new education models demonstrating the features of other avant-garde technologies is forthcoming.

Corresponding author:

Dr.M.MITOV

Department of Chemistry

South-West University

66 Ivan Mihajlov str.

2700 Blagoevgrad

BULGARIA

e-mail: mitovmario@mail.bg