

ГОРИВНИ ЕЛЕМЕНТИ – ПОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ

Марио МИТОВ, Ивайло КОНДЕВ

Югозападен Университет "Н.Рилски"-Благоевград, катедра "Химия"

Янко ПЕТРОВ, Стоян БЛИЗНАКОВ, Александър ПОПОВ

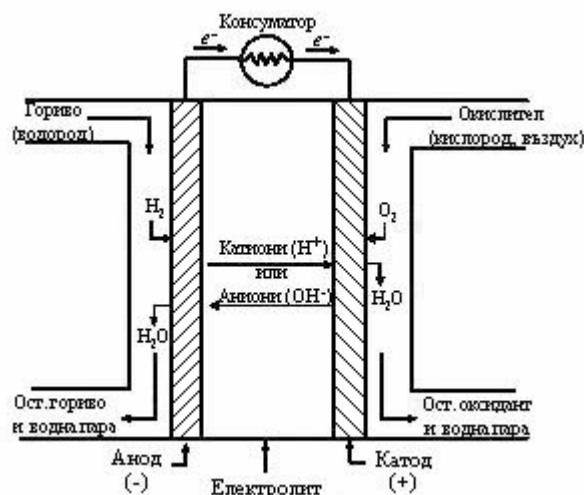
ЦЛЕХИТ-БАН, София

Едно от най-големите предизвикателства в началото на ХХІ век е решаването на проблема с непрекъснато нарастващото потребление на енергия. На фона на изчерпващите се природни горива, прогресивно нарастващото население на планетата изразходва все повече енергия при реализирането на многообразните антропогенни дейности. От своя страна, използването на традиционните въглеродсъдържащи горива за задоволяване на енергийните нужди води до застрашително увеличаващо се замърсяване на околната среда. В този аспект, използването на нови, по-екологосъобразни източници и преобразуватели на енергия се превръща в една от най-актуалните и неотложни задачи на нашето съвремие.

Най-големи надежди в това направление се възлагат на **водородната енергетика** [1]. Водородът е възможно най-чистото гориво, при това с няколко пъти по-голяма енергийна плътност, отколкото традиционните горива – съответно 4.5, 2.9 и 2.6 пъти по-голяма от тази на въглищата, нефта и природния газ. За разлика от въглеродсъдържащите горива, неговото изгаряне не е съпроводено с отделянето на въглероден диоксид, който е и основната причина за парниковия ефект и глобалното затопляне на планетата. Единственият продукт при изгарянето на водорода, било то директно или в **горивни елементи**, е вода.

Горивните елементи са електрохимични преобразуватели на енергия, които по някои свои характеристики са сходни на първичните, а по други – на вторичните електрохимични източници на ток (ЕХИТ). Сходството с първичните (незаредими, за еднократна употреба) ЕХИТ е предимно в това, че и в двата случая токообразуващата реакция протича необратимо в една посока и електрохимично активните вещества не се регенерират в рамките на самия ЕХИТ, както това става при акумулаторните батерии. Основната прилика с вторичните ЕХИТ (акумулаторите), пък, е дългият им експлоатационен живот. За разлика както от първичните, така и от вторичните ЕХИТ, анодните и катодните активни вещества не се намират в самите горивни елементи, а се подават на съответните електроди отвън и то само тогава, когато е необходимо захранването на даден консуматор. Горивните елементи осигуряват енергия под формата на електричество и топлина, дотогава, докато не бъде преустановено подаването на тези вещества. По този начин, те не се изтощават окончателно и не се изисква повторното им зареждане чрез подаване на напрежение от външен източник. Самото наименование *горивен елемент* произтича от факта, че като анодно активно вещество най-често се използва водород, но е възможно използването и на други вещества като метанол, пропан, хидразин и др., чието приложение в практиката е свързано предимно с използването им като горива в различни горивни инсталации. Освен това, химизма на токообразуващите процеси в горивните елементи е аналогичен на този при изгарянето на съответното гориво. От всички създадени досега преобразуватели на енергия, водородните горивни елементи са с най-голям коефициент на полезно действие, който достига 85%.

Конструктивно горивните елементи се състоят от два електрода, разделени пространствено със специална йонообменна мембрана, напоена с електролит или самата тя изпълняваща ролята на твърд електролит. При водородните горивни елементи, на анода се подава газ-водород, изпълняващ ролята на гориво, а на катода – кислород или по-често въздух. Подпомогнат от катализатор, молекулярният водород първоначално се дисоциира върху електродната повърхност на два водородни атома. Отдавайки електрон, водородните атоми се окисляват до водородни катиони (протони). Така получените протон и електрон поемат по различни пътища, за да достигнат до катода. Протоните преминават през електролита, а електроните създават отделен поток през външната верига, или с други думи електричен ток, който може да бъде използван за захранване на различни консуматори преди да достигне катода, където кислородът се редуцира и се свързва с протоните, образувайки молекула вода.



Принципна схема на водороден горивен елемент

Първият горивен елемент е конструиран през 1839 г. от британския учен William Grove [2], който използва като гориво водород, получен при електролиза на вода или при процеса на разтваряне на цинк в минерална киселина. Един от недостатъците на горивния елемент на Гроув е ограниченото му напрежение, което се дължи на малката активна повърхност на Pt електрод.

През 1889 година Mond и Langer [3] първи успяват да увеличат активната повърхност, използвайки електроди с пореста структура. Така те оформят конструкцията на горивен елемент, който има всички отличителни черти на съвременните горивни елементи. Системата на Mond и Langer използва водород и кислород, отдава ток с плътност $3,5 \text{ mA/cm}^2$ и напрежение $0,73 \text{ V}$.

Развитието на горивните елементи продължило и в края на 19 век, като най-успешни за този период са експериментите на Jacques [4] и Bacon [5], които се опитват да използват като гориво въглерод под формата на кокс. По-късно Bacon и Ehrenberg [6] правят опит да използват директно въглища.

Независимо че са открити и демонстрирани още през първата половина на XIX в., първото си сериозно приложение горивните елементи намират едва в началото на 60-те години на XX век, когато алкални горивни елементи, разработени от Bacon [7] и усъвършенствани от Pratt и Whitney, са използвани в пилотирани полети на американската космическа програма едновременно като източници на електричество и вода.

Алкалните горивни елементи (AFC) използват чист кислород и водород, което ги прави подходящи за приложение в космическите технологии. Не са

съвместими с природните горива, тъй като отделеният CO_2 се разтваря в електролита и затруднява нормалното функциониране на горивния елемент.

Алкалните горивни елементи не само обезпечават бордовите захранващи системи на Аполо 11, без които кацането на Луната не би било възможно, но са и предпоставка за старта на настоящия интерес към технологията на горивните елементи. През 60-те години са били представени и други системи горивни елементи [8,9], които са обект на интензивни разработки и в наши дни.

Основни видове водородни горивни елементи

Вид горивен елемент (ГЕ)	Електролит Електрод	Работна температура	Гориво Окислител
PEMFC ГЕ с протон обменна мембрана	Nafion® Електроди с Pt	30 - 80°C	чист H_2 въздух или чист O_2
AFC Алкален ГЕ	конц. KOH Въглеродни електроди с Pt, Ag катализатор	60 - 100°C	чист H_2 въздух или чист O_2
PAFC ГЕ с фосфорна киселина	конц. H_3PO_4 Електроди с Pt	~ 200°C	H_2 , CH_4 , CH_3OH въздух
MCFC ГЕ със стопилка карбонат	карбонат стопилка $\text{Li}_2\text{CO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ Ni - електроди	~ 650°C	H_2 , CH_4 въздух
SOFC ГЕ с твърд оксид	Керамичен твърд оксид Ni - електроди и керамичен твърд оксид	~ 1000°C	H_2 , CH_4 , CH_3OH въздух

Горивните елементи с протон обменна мембрана (PEMFC) работят при сравнително ниски температури – около 80° C, генерират ток с голяма плътност и могат бързо да достигат максималната си работна мощност, което ги прави изключително привлекателни за приложение в автомобилите, където бързото достигане на максимална мощност и старт са основни изисквания. Те са основните кандидати за транспортни приложения и потенциално за много по-малки приложения, като например да заменят презаредимите батерии в преносими компютри, мобилни телефони и др. Протон обменната мембрана е тънък синтетичен сепаратор, който позволява водородните йони да преминават през него. Мембраната е импрегнирана от двете страни с високо диспергирани метални частици (в повечето случаи това е платина), които са активния катализатор. Използваният електролит е твърд органичен

полимер. Твърдият електролит е преимущество, доколкото намалява корозията и проблемите при сглобяването. Недостатък на този вид, както и на алкалните горивни елементи, е че са чувствителни към онечистване на горивото. Изходната им мощност обикновено варира от 50 до 250 kW [10,11].

Горивните елементи с електролит фосфорна киселина (PAFC) са предназначени предимно за стационарни приложения. Повече от 200 системи от този вид са инсталирани по целия свят – в болници, частни клиники, хотели, офисни сгради, училища, летища и заводи за преработка на отпадни води. Горивният елемент с фосфорна киселина може да произвежда електричество с ефективност над 40%, а при използване на произвежданата топлина ефективността достига приблизително 85%. Освен високата ефективност, едно от основните преимущества на този вид горивен елемент, е че може да използва и онечистен водород като гориво. PAFC системите издържат на концентрация на CO до около 1.5%, което разширява възможностите за избор на използваното гориво. Работните температури са в границата 150° – 200° C. При по-ниски температури фосфорната киселина е слаб йонен проводник. Недостатъците на горивните елементи с фосфорна киселина са, че използват скъпи платиновни катализатори, генерират по-ниска токова плътност в сравнение с другите видове горивни елементи и обикновено са с големи размери и тегло. Съществуващите PAFC системи имат изходна мощност до 200kW, като са били тествани и такива достигащи 1 и 5 MW [12,13].

Горивните елементи със стопилка карбонат (MCFC) използват като електролит стопилки на литиеви, натриеви и калиеви карбонати, пропити в матрица. Те работят при около 650° C и са доста обещаващи по отношение на ефективността - около 50% за произвежданото електричество и 85% при използване и на отделяната топлина. Поради високата работна температура, не са необходими скъпи катализатори от благородни метали за осъществяване на електрохимичните процеси, протичащи в горивния елемент. Освен това, MCFC системите могат да бъдат захранвани както с водород, така и с въглероден оксид, природен газ, пропан, дизелово гориво и продукти на каменовъгленната газификация. Горивни елементи от този вид с мощност от 10 kW до 2 MW са тествани с всички от изброените горива и са основно насочени към приложения като електрозахранващи аварийни системи. Като недостатък на тези системи трябва да се отбележи, че високата температура ускорява корозията и намалява живота на компонентите на горивния елемент [14].

Друг многообещаващ вид са т.нар. **горивни елементи с твърд оксид (SOFC)**. Системите от този вид могат да бъдат използвани както в промишлени и централни електрогенериращи станции, така и за битови приложения. Тествани са от BMW и в моторни превозни средства. Системите с твърд оксид използват като електролит твърд керамичен материал, състоящ се от циркониев оксид и малко количество итрий, позволяващ работната температура да достигне 1000° C. Ефективността им достига до 50% по отношение на произвежданото електричество и до 85% при използване на отделената топлина, а изходната им мощност - до 100 – 200 kW [15,16].

Въпреки безспорния технологичен напредък, особено през последните 10-15 години, горивните елементи все още не са добили достатъчна популярност и не могат да намерят масово приложение. Една от основните причини за това е високата цена за производство и съхранение на водорода.

От познатите методи за получаване на водород, два се използват основно за промишленото му получаване - високотемпературна преработка на природни горива и електролиза на вода. Въпреки че засега водородното производство се базира предимно на първия метод, доколкото той е свързан с използването на постепенно и необратимо намаляващи природни ресурси, надеждите за в бъдеще са насочени към електролизния метод. Водата може да се разглежда като практически неизчерпаем природен източник, при чието разлагане под действие на електричен ток се получава водород и кислород.

Важно е да се има в предвид, че когато водородът се използва като гориво, той отново се свързва с кислорода, при което единственият продукт е вода, т.е. процесът като цяло е обратим. Големият проблем, който засега ограничава промишленото получаване на водород чрез електролиза, е високата цена на това производство, произтичаща от използването на скъпи електроди-катализатори и електроенергия. Естествено, усилията на изследователите са насочени именно в тези направления – да понижат цената на производството чрез повишаване ефективността на съществуващите катализатори или замената им с по-евтини, както и да се използва по-евтина електроенергия. Основните очаквания са свързани с използването на т.нар. **възобновими енергийни източници** [1], каквито са слънчевата енергия, вятъра, вълните и др. Засега, обаче, постиженията в тази насока се ограничават предимно в рамките на отделни проекти.

Друг проблем, който затруднява масовото използване на горивните елементи, е свързан с ефективното и безопасно съхранение и транспортиране на водорода.

Доскоро, основните методи за съхранение и транспортиране на водорода бяха под формата на газ под високо налягане и втечен водород.

Технически най-лесният начин за съхранение на водорода е като газ под налягане. Съвременните контейнери за съхранение на водород са конструирани от нови композитни материали, които позволяват теглото на контейнера да бъде редуцирано до границите на нормалното. Въпреки това контейнерите заемат голям обем, поради което този метод е приложим при по-големите превозни средства като автобуси и ванове.

Течният водород заема относително малък обем. Нещо повече, този метод се характеризира с най-висок тегловен капацитет на съхранение. За да бъде втечен водородът, обаче, той трябва да бъде охладен до $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, за което е необходима енергия, равняваща се на около 1/3 от собственото му енергийно съдържание. Резервоарите имат скъпа изолация, с дебелина на стената около 3 см. Въпреки това, известно количество водород (около 1-3 % за ден) се губи необратимо, поради затопляне и изпарение.

Освен че са твърде скъпи поради високия непроизводителен разход на енергия за компресиране (до 35%) и втечняване (до 60%), двата метода крият риск от аварии и изискват сериозни мерки за безопасност.

Напоследък, сериозен интерес се проявява към други методи, основаващи се на хемисорбция и физическа адсорбция на водорода.

През последните години, в значителен брой публикации се съобщава за способността на различни въглеродни наноструктури (наносфери, нанотръби) да адсорбират и съхраняват огромни количества водород. Съобщава се за адсорбционен капацитет от няколко [17,18] до почти сензационните 60 мас.% [19], но за съжаление, голяма част от тези резултати остават непотвърдени. Бъдещите изследвания ще покажат дали нанотръбите са сериозна алтернатива пред останалите методи за съхранение на водорода.

Другата алтернатива - съхранението на водород под формата на метални хидриди, предлага големи и безопасни възможности. Водородът се свързва химически с метални атоми. При нагряване на хидрида, реакцията може да протече в обратна посока. Независимо, че се изисква известно количество енергия за отделянето на водорода, принципно това осигурява стабилност и безопасност - в случай на сблъсък, подаваната топлина спира и отделянето на водород се преустановява. Освен това, хидридите могат да съхраняват около 60 % повече водород по обем в сравнение с резервоарите за втечен водород. Практическо приложение засега са намерили тернерни метални хидриди на сплави от типа AB_5 и AB_2 [20]. С тях се запълват специални агрегати, от които при необходимост водородът се подава към горивни елементи или отоплителни инсталации.

Технологията на горивните елементи почти сигурно вече щеше да е намерила по-съществено място на енергийната сцена, ако достъпните природни горива и техните производни, като например продуктите от преработката на нефт и природен газ, биха могли да бъдат използвани директно. Следвайки развитието през втората половина на ХХ век [21], става очевидно, че тези горива трябва да бъдат подходящо преработени така, че да произвеждат богат на водород газ за горивните елементи, които от своя страна да могат да осигурят необходимата мощност, за да бъдат комерсиално приложими. За тази цел са създадени системи, включващи освен горивен елемент и специални преобразователи на гориво или т.нар. "реформери", чрез които може да се извлича водородът, съдържащ се в различни въглеродородни горива – от природния газ до метанола и дори от бензина. Тъй като в горивните елементи не се извършва горене в истинския смисъл на думата, емисиите свързани с този вид системи са значително по-малки от тези, отделяни при горенето дори и на най-чистите традиционни горива.

Напоследък доста активно се работи върху т.нар. **горивни елементи с директно използване на метанол (DMFC)** [21]. Тези горивни елементи са сходни на PEMFC, тъй като и двата вида използват полимерна мембрана в ролята на електролит. Всъщност при DMFC, самият аноден катализатор извлича водородът от течния метанол, елиминирайки по този начин нуждата от преобразувател. Очакваната ефективност на този вид горивни елементи е 40%, като работната температура е в границата 50° – 100° С. Тази сравнително ниска температурна област ги прави изключително привлекателни за миниатюрни приложения – например за захранване на мобилни телефони, видео камери и преносими компютри. Основният недостатък на този вид горивни елементи е, че част от горивото прескача от анода на катода, без да произвежда електричество. Някои компании съобщават [22], че вече са разрешили този проблем. Техните разработки се използват от армията за захранване на полево електронно оборудване.

Едни от най-младите представители на семейството на горивните елементи са **регенеративните горивни елементи (RFC)**. Те са атрактивни с това, че представляват затворена система за генериране на енергия. Водата се разделя на водород и кислород с помощта на захранван от слънчевата енергия електролизьор. Водородът и кислородът се подават в горивния елемент, който от своя страна генерира електричество, топлина и вода. Получената вода се връща обратно в електролизьора и процесът започва отново. Този тип горивни елементи в момента се разработва от NASA и от някои специализирани компании по целия свят.

Очакваната комерсиализация на горивните елементи е свързана с решаването на следните по-важни задачи [23]:

- оптимизиране на електродния материал и горивните елементи като цяло с оглед увеличаване на плътността на тока, специфичната мощност и устойчивостта на горивните елементи към онечистени газове;
- проектиране на горивни елементи, съставени от определен брой единични клетки и способни да отдават до 250 kW в единичен модул;
- намаляване цената на горивните елементи чрез увеличаване ефективността на благородните метални катализатори и на останалите изграждащи ги компоненти;
- усъвършенстване и адаптиране на съществуващата технология за топлинна трансформация с оглед използване в двата вида приложения – мобилни и стационарни;
- оптимизация на техническите характеристики, устойчивостта и цената на системите за управление;
- проектиране на мощности за производство на горивни елементи и компоненти за тях;
- подобряване и развитие на материалите за съхранение на водород.

Въпреки съществуващите проблеми, огромните инвестиции на гиганти като Ballard, Daimler Chrysler, Ford, Shell, BMW и др., както и изключително интензивните

изследвания в световен мащаб дават основания да се счита, че в рамките на следващите 5 до 10 години горивните елементи ще бъдат комерсиализирани и ще заменят съществен дял (20-25%) от съществуващите автономни източници на електроенергия за транспортни и стационарни приложения. Независимо дали тези прогнози ще се потвърдят изцяло или от части, безспорен е фактът, че сме на прага на нов етап от научно-техническото развитие, свързан със значителни структурни и технологични промени в основни отрасли на бъдещата икономика, която специалистите определят като **водородна икономика**.

С оглед на огромните переспективи в тази област, нашият екип, който има сериозен опит в охарактеризирането на водородабсорбиращи композитни материали [24-28] и сплави [29,30], напоследък насочи изследователските си усилия към приложимостта на подобни материали в горивни елементи. Обект на изследване са възможностите за генериране и складиране на водород в самите горивни елементи, както и за приложение на водородабсорбиращите материали в регенеративни горивни елементи.

За популяризиране технологията на горивните елементи, от нас бе създаден демонстрационен регенеративен горивен елемент за образователни цели, който ще бъде представен в следваща публикация.

Литература:

1. **Conte, M., A.Jacobazzi, M.Ronchetti, R.Vellone**, *J.Power Sources*, **100**, 171 (2001)
2. **Grove, W.R.**, *Philos. Mag. Ser.3*, **14**, 127 (1839)
3. **Mond, L., C.Langer**, *Proc. R. Soc. London*, **46**, 296 (1889)
4. **Jacques, W.W.**, *Harper's Mag.*, **94**, 144 (1896-1897)
5. **Bacon, E.**, *Z.Elektrochem.*, **16**, 300 (1910)
6. **Bacon, E., H.Ehrenberg**, *Z.Elektrochem.*, **18**, 1002 (1912)
7. **Adams, A.M., F.T.Bacon, R.G.H.Watson**, in: *Fuel Cells*, ed. by W.Mitchell Jr., Academic Press, New York, 1963, p.129
8. **Cacciola, G., V.Antonucci, S.Freni**, *J.Power Sources*, **100**, 67 (2001)
9. EG&G Technical Services, Inc., Science Applications International Corporation, *Fuel Cell Handbook* (Sixth Edition), Morgantown, West Virginia, 2002
10. **Sperry, M., M.Torpeg**, in: *Proceedings of the Fuel Cell Seminar*, Portland, USA, Oct.2000
11. **Washington, K.**, in: *Proceedings of the Fuel Cell Seminar*, Portland, USA, Oct.2000
12. **Appleby, A.J., F.R.Foules**, *A Fuel Cell Handbook*, 2nd Edition, 1996
13. **Biomen, L., M.Mugerwa**, *Fuel Cell Systems*, Plenum Press, New York, 1993
14. **Eichenberger, P.**, *J.Power Sources*, **71**, 95 (1998)
15. **Sukkel, J.**, in: *Proceedings of the 4th European Solid Oxide Fuel Cell Forum*, Lucerne Vol.1, Switzerland, July 2000
16. **Vora, S.**, in: *Proceedings of the 4th European Solid Oxide Fuel Cell Forum*, Lucerne Vol.1, Switzerland, July 2000
17. **Dillon, A.C., K.M.Jones, T.A.Bekkedahl, C.H.Kiang, C.H.Bethune, M.J.Heben**, *Nature*, **386**, 377 (1997)
18. **Chen, P., X.Wu, J.Lin, K.L.Tan**, *Science*, **285**, 91 (1999)
19. **Chambers, A., C.Park, R.T.K.Baker, N.M.Rodriguez**, *J.Phys.Chem.B*, **102**, 4253 (1998)
20. Hydrogen Energy Progress XIII, in: *Proceedings of the 13th World Hydrogen Energy Conference*, Beijing, 2000
21. **Ren, X.**, *J.Power Sources*, **86**, 111 (2000)

22. **Pawlik, J.**, in: *Proceedings of the European Fuel Cell Group Workshop*, Ulm, Germany, 2001
23. **Acres, G.J.K.**, *J.Power Sources*, **100**, 60 (2001)
24. **Mitov, M., A.Popov, I.Dragieva**, *J.Appl.Electrochem.*, **29**, 59 (1999)
25. **Mitov, M., A.Popov, I.Dragieva**, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. and Engineer.Aspects*, **149**, 413 (1999)
26. **Mitov, M., St. Bliznakov, A.Popov, I.Dragieva**, in: *Book of Papers of the 16th Congress of Chemists and Technologists of Macedonia*, Vol. 2, Ed. by Fr.Popovska-Pavlovska, Faculty of Technology and Metallurgy, Skopje, 1999, pp.631-634
27. **Bliznakov, S., M.Mitov, E. Lefterova, A. Popov, G. Ivanova**, in: *Nanoscience & Nanotechnology*, Ed. By E. Balabanova and I.Dragieva, Heron Press, Sofia, 2001, pp.115-117
28. **Mitov, M., St. Bliznakov, A.Popov, I.Dragieva, I.Markova**, in: *NATO Science Series II, Vol.61 "New trends in intercalation compounds for energy storage"*, Ed. by C.Julien, J.P.Pereira-Ramos and A.Momchilov, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 2002, pp.623-628
29. **Bliznakov, St., E.Lefterova, M.Mitov, L.Buzukov, A.Popov, I.Dragieva**, in: *NATO Science Series II, Vol.61 "New trends in intercalation compounds for energy storage"*, Ed. by C.Julien, J.P.Pereira-Ramos and A.Momchilov, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London, 2002, pp.601-606
30. **Bliznakov, S., M.Mitov, E. Lefterova, S. Vassilev, Y. Petrov, L. Bozukov, A. Popov**, *Ann.Sofia Univ.*, **95** (2003) (in press)

FUEL CELLS – ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES

M.MITOV, I.KONDEV, Y.PETROV, S.BLIZNAKOV, A.POPOV

Fuel cells are energy converters, which generate electricity and heat as a result of electrochemical oxidation of fuel introduced in the system. They demonstrate the highest efficiency compared with the other analogous devices known. Among all fuels used, hydrogen is the most attractive as regard to high-energy density and zero emission burning. As a result of an intensive research during past fifty years, several types of fuel cells, using hydrogen as a fuel, have been established and developed – *alkaline fuel cells* (AFC), *proton-exchange membrane fuel cells* (PEMFC), *phosphoric acid fuel cells* (PAFC), *molten carbonate fuel cells* (MCFC) and *solid oxide fuel cells* (SOFC). Special devices, which reform the traditional fuels into a hydrogen-rich gas, have been also invented. Efforts have been made to use some fuels directly in the fuel cells and the most developed system of this type is the so-called *direct methanol fuel cells* (DMFC). One of the perspective types is the *regenerative fuel cell* (RFC), which combines the technology of water electrolysis for hydrogen production and that of hydrogen fuel cells.

It is predicted that during next 5 to 10 years fuel cells will be commercialized and take a big share on the market. This will lead to significant changes in the future economy, called *hydrogen economy* by the specialists.

With a view to the future perspectives, our team intensively investigates possibilities for inner hydrogen generation and storage as well as application of hydrogen-absorbing composites and alloys in regenerative fuel cells. We also developed a demonstration regenerative fuel cell, mainly for educational purposes.

M.MITOV

Department of Chemistry

South-West University

66 Ivan Mihajlov str.

2700 Blagoevgrad

BULGARIA

e-mail: mitovmario@mail.bg

ГОРИВНИ ЕЛЕМЕНТИ – ПОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ

М. МИТОВ, И. КОНДЕВ, Я. ПЕТРОВ, С. БЛИЗНАКОВ, А. ПОПОВ

Горивните елементи са преобразуватели на енергия, които в резултат на електрохимично окисление на подавано отвън гориво, генерират електричество и топлина, при това със значително по-голям коефициент на полезно действие в сравнение с използваните досега аналогични устройства. От всички познати горива, водородът е най-енерго- и екологосъобразен за приложение в горивните елементи. В резултат на усилените изследвания, през последния половин век са разработени и технологично усъвършенствани няколко вида водородни горивни елементи – *алкални горивни елементи* (AFC), *горивни елементи с протонообменна мембрана* (PEMFC), *горивни елементи с електролит фосфорна киселина* (PAFC), *горивни елементи с електролит стопилка карбонати* (MCFC) и *горивни елементи с електролит твърд оксид* (SOFC). Разработени са и специални "реформери", чрез които е възможно преобразуването на голяма част от традиционните горива в богат на водород газ за нуждите на горивните елементи. Усилено се работи и върху създаването на горивни елементи, използващи директно някои горива, като в най-напреднала фаза са разработките върху т.нар. *горивни елементи с директно използване на метанол* (DMFC). Особено перспективни са *регенеративните горивни елементи*, съчетаващи технологията за производство на водород чрез електролиза на вода и тази на водородните горивни елементи.

Счита се, че в рамките на 5 до 10 години горивните елементи ще бъдат комерсиализирани и ще заемат съществен дял от пазара на енергийни преобразуватели. Този процес ще доведе до значителни структурни изменения в най-важните отрасли на бъдещата икономика, която специалистите с основание наричат *водородна икономика*.

С оглед на бъдещите перспективи, нашият екип усилено работи върху възможности за вътрешно генериране и складиране на водород, както и приложение на водородабсорбиращи композити и сплави в регенеративни горивни елементи. От нас бе разработен и демонстрационен регенеративен горивен елемент, предназначен за образователни цели.

М.МИТОВ

Катедра "Химия"

Югозападен Университет "Н.Рилски"

Ул. "Иван Михайлов" 66

2700 Благоевград

e-mail: mitovmario@mail.bg