



Üzemanyagcellák

Modern probléma, de mekkora?!

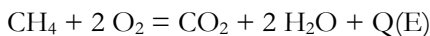
Nagyon sokszor hallunk manapság olyan kifejezéseket, mint energiaválság vagy megújuló energiaforrás. Sokakban felmerülhet a kérdés, hogy vajon nem áll-e rendelkezésünkre elég energia?! Lehet, hogy van, akit ez meglep, de a rendelkezésre álló energia szinte korlátlan. A probléma: hogyan tudjuk azt kihasználni?

A napenergia kihasználtsága különösen alacsony hatásfokú (bár ez folyamatosan javult az utóbbi években). A nukleáris energia nagyon hatékony, viszont a gépezet rendkívül bonyolult, az óvintézkedések és a hulladékok kezelése költséges, továbbá pár extrém eset miatt sokan egyszerűen nem hajlandók elfogadni. A kőolaj és földgáz esetében azt halljuk, hogy még mindössze 40 vagy 100 évről elegendő a rendelkezésre álló forrás. Ebben az az érdekesség, hogy ez nem azt jelenti, hogy kifogyunk a nyersanyagból, hanem azt, hogy a jelenlegi technológiai szintünk mellett és a mostanáig felfedezett lelőhelyek ismeretében van egy határ. Ugyanakkor minden újonnan kifejlesztett technológia (legyen az egy hatékonyabb kitermelési mód vagy egy jobb hatásfokkal rendelkező belső égésű motor) kitolja ezt a határt pár évvel.

Az egyértelmű, hogy hosszú távon nem számíthatunk majd olyan energiaforrásokra, mint a kőolaj, viszont az átállás más forrásokra nem rövid folyamat. Sok új fejlesztést vezetnek be szinte naponta, mint a köznapi ember számára is elérhető áru napelemek, moduláris atomerőművek (amelyek képesek ellátni egy kisebb város árammal) és a kísérleti stádiumban lévő fúziós erőművek. Ezen technológiák tökéletesítéséhez viszont idő kell, ami éveket, évtizedeket jelent. Addig is, szükséges, hogy a jelenlegi forrásainkat minél nagyobb hatékonysággal használjuk ki.

Miben más egy üzemanyagcella?

Ahhoz, hogy megértsük egy üzemanyagcella működését, először is meg kell értenünk, hogyan is nyerünk energiát égésből. Kémiai szempontból nézve az égés bruttó reakciója egy egyszerű folyamat. Van egy üzemanyagunk (hidrogén, metángáz, propán-bután (PB) gáz, metanol, stb.), ami reagál oxigénnel, miközben égéstermékek keletkeznek (főleg CO₂ és víz), továbbá jelentős mennyiségű hő. Példának a metán égése:



Ez egy úgynevezett redox folyamat, ami annyit jelent, hogy bizonyos atomok leadnak egy elektront (oxidálódnak), miközben mások felveszik azt (redukálódnak). A mellékelt példa esetében a 4 oxigénatomunk egyaránt felvesz 2-2 elektront, amit a szén- és hidrogénatomoktól kap (kicsit egyszerűsítve). Az égés heves, nehezen kontrollálható folyamat, mely magas hőmérsékleten történik, a felszabaduló energiát pedig sokszor csak indirekt módon tudjuk felhasználni (például turbinás generátorokkal egy hőerőműben vagy belső égésű motorokkal). Ennek következtében a teljes hatásfok (beleszámítva az üzemanyag kitermelésére, tisztítására, szállítására, tárolására fordított energiát) rendszerint nem éri el a 30%-ot sem. Ez azt jelenti, hogy még a legjobb motorok esetében is a kapott energia jelentős része hő formájában elveszthet, és nem kapunk belőle hasznos munkát. Egyszerűen fogalmazva: pocsékoljuk az energiaforrásokat. Nem jelentene ez problémát, ha átállunk olyan energiaforrásokra, amelyek nem fogynak el, ugyanakkor ezekhez sokszor még egyszerűen nem rendelkezünk megfelelő technológiával. Erre példa a fúziós energia, ami ugyan stratégiai számítógépes játékokban az egyik fő energiaforrás, viszont a valóságban még évtizedek kellenek ahhoz, hogy életképes megoldást jelentsen. Átmeneti megoldás viszont az, hogy „húzzuk az időt”, azáltal, hogy javítjuk a jelenlegi forrásaink felhasználási hatásfokát, ezáltal éveket, évtizedeket nyerünk, miközben csökkentjük a káros anyagok kibocsátását is (gondoljunk csak a globális felmelegedésre). Ez utóbbi esetben jelenthetik a megoldás egy részét az *üzemanyagcellák* (tüzelőanyag-elemek).

Az üzemanyagcellák működése

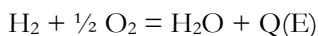
Globálisan nézve, az ilyen rendszerekben is egy egyszerű égéssel van dolgunk, viszont a folyamat teljes mértékben kontrollált, ami jobb energiahatékonyságot eredményez. Mivel számos üzemanyagcella-típus létezik, ezért a legegyszerűbb példán keresztül magyarázom el működésüket.

A protoncsere-membrános hidrogéncella

Kezdjük a berendezés részeivel:

- üzemanyag (a példa esetében hidrogéngáz);
- anód (ahol történik a hidrogén oxidációja);
- katód (ahol történik az oxigén redukciója);
- membrán (esetünkben H^+ ionokat szállít az anódtól a katód felé);
- levegő.

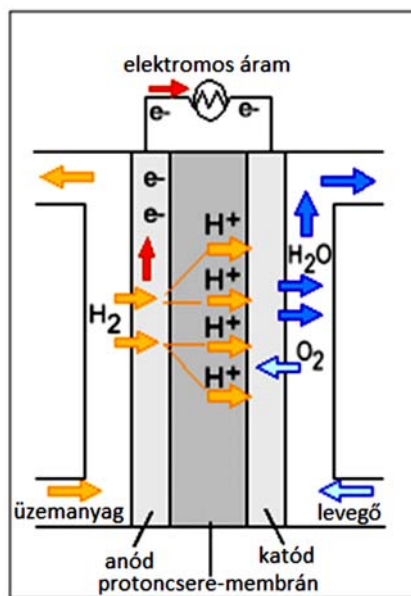
A globális reakció:



Amint látjuk, itt is egy egyszerű redox reakcióval van dolgunk, ahol a hidrogénatomok elveszítenek elektronokat, melyeket aztán az oxigénatomok



felvesznek. Egy egyszerű égés során a reagáló gázokat összekeverjük, ami egy katodikus, nagy hőmérsékletű folyamatot eredményez. Ezzel szemben, itt külön vezetjük be a cellába az üzemanyagot (hidrogén) és az oxigént, azok direkt módon nem fognak érintkezni. Ennek eredménye egy jól kontrollálható, nagy hatékonyságú reakció. Esetünkben a hidrogén találkozik egy katalizátorral, ami leszed róla atomonként egy elektront. A cella másik felében az oxigén is találkozik egy katalizátorral, és felveszi az elektronokat (atomonként két elektront vesz fel és így gyakorlatilag O^{2-} ionná alakul). A membrán dolga, hogy elszállítsa a H^+ iont, hogy az találkozzon az O^{2-} ionokkal, és létrejöhessen a reakció terméke, a víz.

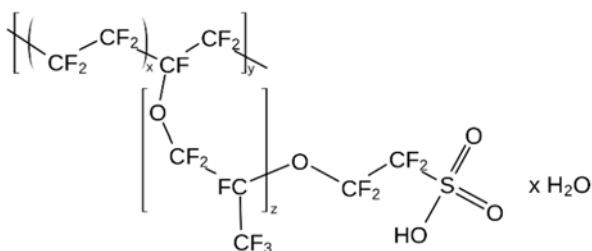


1. ábra

Protoncsere-membrános üzemanyagcella

Ha az elektronokat kerülő úton, egy fogyasztón át (ami lehet például egy elektromos motor) vezetjük el a hidrogéntől az oxigénhez, gyakorlatilag egy olyan cellát kapunk, amelynek működése elektrokémiai szempontból nem tér el egy egyszerű szárazelemétől. Egy hasonló cella kiépíthető úgy is, hogy a H^+ helyett OH^- ionokat szállít a membrán. Ez az alkáli elektrolitos cella.

Az üzemanyagcella előnye, hogy míg egy hőreaktor esetében indirekt módon kapunk elektromos energiát (rendszerint turbinás generátorokkal), addig itt direkt módon fel tudjuk használni a reakció során keletkezett elektronokat. Ráadásul a folyamat megfelelő katalizátor és membrán esetén végrehajtható akár szobahőmérsékleten is, ami csökkenti a költségeket és a hőveszteséget.



2. ábra

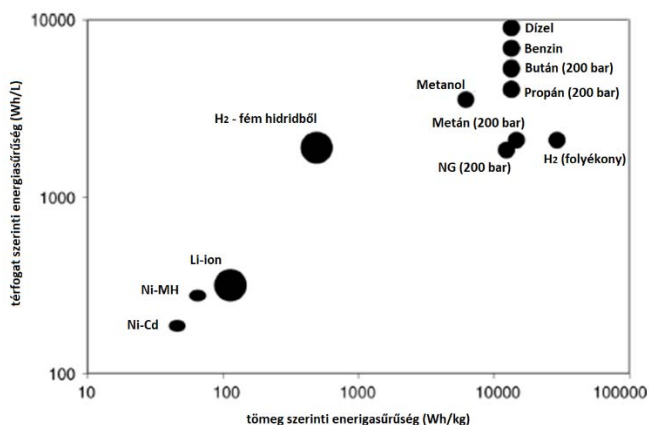
Nafion molekularészlet

Feltevődhet a kérdés, hogy hol jön a minden beszélgetés közben rettegget „de...”. Ebben az esetben a „de” három dologra vonatkozhat:



- az üzemanyagra: a nagy tisztaságú hidrogént elő is kell állítani, ami költséges lehet, továbbá kicsi az energiasűrűsége (energiasűrűség alatt azt kell érteni, hogy adott térfogatú üzemanyagból mennyi energia nyerhető),
- a katalizátorokra: rendszerint nemesfém (pl.: platina) alapúak, ami jelentős költséggel járhat;
- a membránra: a Nafion (2. ábra), amely a teflon rokonvegyülete, jól működik hidrogénalapú cellák esetében, de más üzemanyaggal már nem.

Számos kutatás arra összpontosít, hogy a fent említett negatívumokat kiküszöbölje. Az egyik alternatíva a metanol alapú cellák használata.



3. ábra

Különböző energiaforrások térfogat és tömeg szerinti energiasűrűsége

Metanolalapú üzemanyagcellák

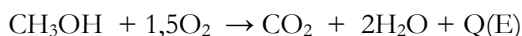
Ha megnézzük a különböző üzemanyag-lehetőségeket (3. ábra), látható, hogy gázokkal rendszerint csak akkor közelíthetjük meg a benzin és dízelolaj energiasűrűségét, ha azokat nagy nyomáson (200 bar) használjuk. Erre példa a butélia (azaz gázpalack), amelyet mind a mai napig használnak, főleg földgáz-vezeték nélküli falusi környezetben. Ebben az esetben többletköltséggel jár a tárolás, szállítás stb. Alkalmazhatunk még cseppfolyós hidrogént is, viszont maga a cseppfolyósítás drága folyamat.

Van olyan üzemanyagcella, amely dízelolajat használ üzemanyag gyanánt. Ilyenek a szilárd-oxid cellák. Ebben az esetben az üzemi hőmérséklet igen magas 500–1000 °C, és ilyen körülmények között, a dízelolaj elbomlik többek között hidrogénre, amit utána üzemanyagként felhasznál a cella. Ez bizonyos esetekben

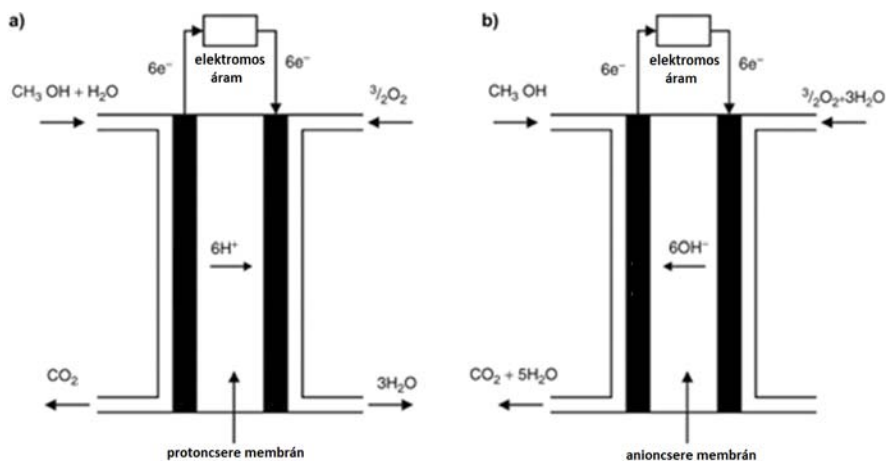


igen hatékony megoldás (például pihenők idején tehergépjárművek fűtésére), de a nagy hőmérséklet jelentős hővesztéssel jár, továbbá komoly beruházást jelent a szigetelés, illetve a hőálló anyagok használata is.

Alternatív megoldás lehet a metanolalapú cellák használata. A metanol energiasűrűsége igen magas, hiszen szobahőmérsékleten folyadék állapotú. Előállításai költségei elég alacsonyak. A metanol felhasználható direkt módon (4. ábra). Ebben az esetben az előző reakciókkal analóg módon hidrogén helyett metanol reagál oxigénnel.



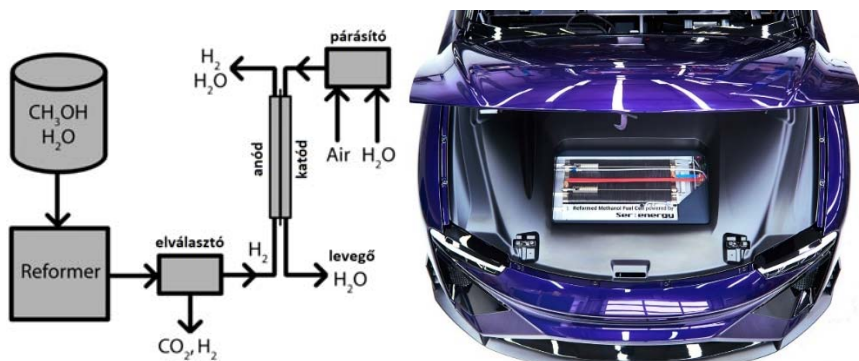
A nehézséget elsősorban a membrán jelenti, hiszen a Nafion nagyon lecsökkenti a cella hatékonyságát (20–30 %-ra). Jobb eredményeket értek el viszont más membránokkal, mint például a Hyflon, amely szintén a teflon egy rokonvegyülete.



4. ábra

Direkt metanolos cellák működése

Indirekt módon is alkalmazható a metanol. Ennek az a lényege, hogy a metanol nem kerül be a cellába, hanem egy reformernek nevezett kémiai reaktorban hidrogéngázra bomlik (5. ábra), amit aztán egy egyszerű, hidrogénalapú cella felhasznál. Ebben az esetben a hátrány az, hogy maga a reformer magasabb hőmérsékleten működik (kb. 300 °C), mindemellett még így is igen magas marad a teljes rendszer hatásfoka. Ennek megfelelően ezeket a cellákat alkalmazzák elektromos vagy hibridautóknban.



5. ábra

Indirekt metanolos üzemanyagcella működése és kinézete

Következtetések

A modern világ energiaválságának az egyik fő oka nem a rendelkezésre álló nyersanyag mennyisége, hanem a hatékony felhasználás hiánya. Az üzemanyagcellák fő tulajdonsága pont az, hogy hatékonyan nyerhetünk velük energiát. Mint minden technológia esetében, itt is sok minden fejlesztésre szorul (elsősorban jobb membránok bevezetésére lenne szükség). Az olcsóbb gyártási költség miatt jelenleg a lítiumion-akkumulátorok vannak kedvező helyzetben a piacon, ugyanakkor az üzemanyagcellák egy másik fő előnye, hogy a töltési idő minimális.

Csak úgy tudunk lépést tartani a modern világ növekvő energiafelhasználásával, ha jobb, hatékonyabb technológiákat fejlesztünk ki. Ezek egyike lehet az üzemanyagcellák széleskörű alkalmazása.

Bibliográfia

- [1] Oláh, Gy., Goepfert, A., Prakash G.K.S., *Kőolaj és földgáz után: A metanolgazdaság*, Better Publishing, 2007
- [2] Prabhuram, J., Malik, J. N., Pylypenko, S., O'Hayre, R., *MRS Energy & Sustainability*, 2, E3 (2005)
- [3] Reformed methanol fuel cell, <https://www.hiclipart.com/> (hozzáférés időpontja 2020.11.20)
- [4] Methanol: the surprising solution for pollution, global warming, and electric car mass-adoption, <http://www.methagen.com> (hozzáférés időpontja 2022.02.10)

Szőke Árpád Ferenc

