



Elektromos gépkocsik

Alumínium-levegő energiaforrás



DR. NAGYSZOKOLYAI IVÁN



SZEMERÉDY LÁSZLÓ

Az elektromos autók elterjedésének legnagyobb akadálya a jelenleg rendelkezésre álló gépkocsi-akkumulátorok viszonylag kis kapacitása és az újratöltés időigénye, magyarul a jármű üzemeltetéséhez szükséges folyamatos elektromos energia ellátás. Ahogy a dolgok állnak, a motorok és az akkumulátorok hatékonyságának növelése eddig nem vezetett üdvözítő megoldásra. Jelenleg a piacon lévő akkumulátoros gépkocsik hatótávolsága csak néhány száz kilométer, a Nissan Leaf-é 135 km, a szuper drága Tesla Model S-é a szinte hihetetlen 480 km. Annak a veszélye, hogy az elektromos gépkocsi akkumulátora hamarabb lemerül, mielőtt még a kocsi elérné úti célját, igen valós, és ha bekövetkezik, akkor a kocsi vezetője minden bizonnyal elátkozza azt a pillanatot, amikor elektromos gépkocsival indult útnak. A megkedveltetésben az állami szubvenciók sem sokat segítenek, ami itt, Ontarióban, járműtől függően 5000 és 8500 dollár között van. Ezen a kedvezményen kívül az elektromos gépkocsik megkülönböztetett zöld betűs G jelű rendszámot is kapnak, melynek az is az előnye, hogy az autópályákon utas nélkül is hajthatnak a tömegközlekedési sávban.

Térjünk vissza a dolog technikai oldalára. A leírt gond megoldására számtalan akkumulátorfajtaval kísérleteznek, mérsékelt sikerrel, de most, a detroiti éves akkumulátorkiállításán bemutattak valamit, ami igazi reménnyel kecsegtet. Ezt egy Citroën C1-be téve mutatták be, melynek csomagtere tömve volt lemezekkel és vezetékkel. A tábla előtt csak annyit árult el, „Phinergy”. Az ígéretes áramforrás alumínium-levegő elem, ami a feltalálók szerint kiküszöböli a „távolságidegességet” az elektromos autók vezetőinek a szótárából. Ezt az áramforrást egy izraeli akkumulátorfejlesztő vállalkozás, a Phinergy és az Alcoa, egy alumíniumipari óriásvállalat közös fejlesztéssel hozta létre montreáli központtal.

Mint minden számottevő újdonság, ez is egy kicsit komplikált. Először is ez az alumínium-levegő áramforrás nem lehet az elektromos jármű egyedüli elektromos forrása, együtt kell, hogy dolgozzon a lithium-ion akkumulátorral.

A lithium-ion akku élteti a járművet, amíg le nem merül, gyakorlatilag fedezi a mindennapi lőtás-futás energiaszükségletét. Amikor azonban hosszabb utakra megy az autó, a jármű komputere automatikusan átkapcsol



az alumínium-levegő energiaforrásra. A lithium-ion akkumulátor a háztartási elektromos hálózatról tölthető fel. A tárolt energia mennyiségét a cellák pozitív elektródjának, katódjainak anyagösszetétele határozza meg. Ha az itt tárolt összes energia átáramlott a negatív elektródába, az anódba, az akkumulátor lemerül, újra kell tölteni. Ennek a tárolónak a viszonylag csekély kapacitása akadályozza az elektromos járművek elterjedését.

AZ ALUMÍNÍUM-LEVEGŐ ÁRAMFORRÁS MÁSKÉPPEN MŰKÖDIK

Nem energiát tárol mint az akkumulátor, hanem elektromos energiát generál – jobb szót most nem tudok rá. (Az angolban minden battery, a magyarban az a kémiai áramforrás, mely újratölthető elektromos árammal, az akkumulátor, amelyik nem, az elem.) Az Al-levegő áramforrás oxidáció révén hoz létre elektromos áramot, tehát valamit eléget.

Ne rejtegetjük tovább a dolog lényegét!

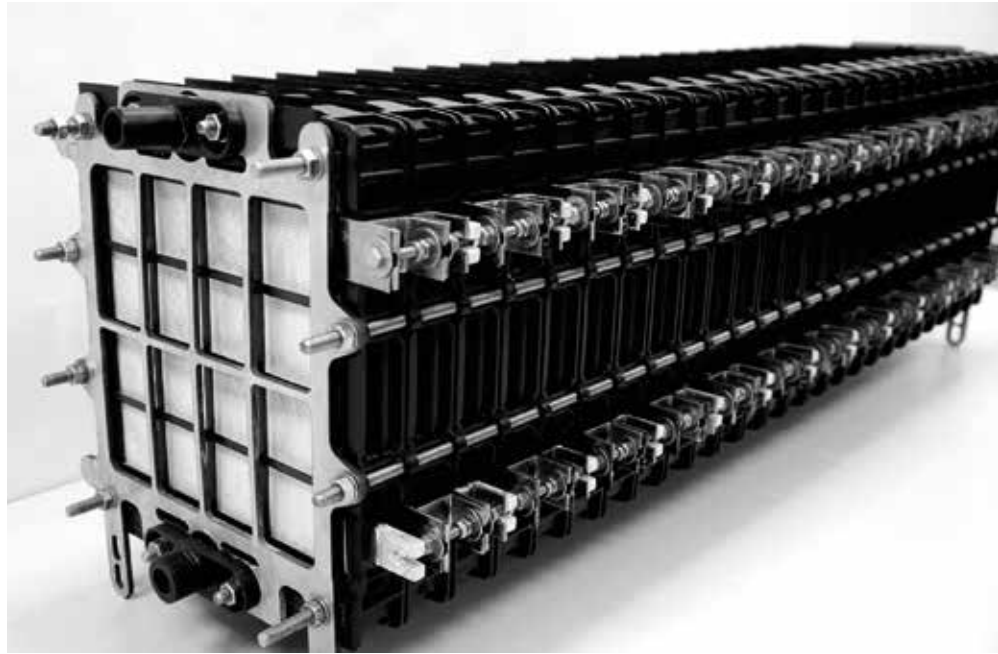
Még igényes tudományos ismeretterjesztő irodalom sem fogalmaz pontosan. Az Al-levegő áramforrás mint ahogy említik, nem akkumulátor, nem battery, hanem tüzelő(anyag)cella. A hagyományosnak mondható tüzelőanyag-cellában (helyesebben tüzelőcellában) hidrogént, a rendszer tüzelőanyagát oxidáljuk. A folyamatban a hidrogén disszociációja jön létre. A pozitív hidrogénionok a katódra jutva, a betáplált oxigénnel – visszaérkező elektronok jelenlétében – egyesülve oxidálódnak, és vízgőz keletkezik.



Az anód és a katód közötti áramkörben ez elektronáramot tart fenn. Az áramkör cellán kívüli vezetékébe fogyasztó – villanymotor – köthető. Az autós világban jobbra csak a hidrogénüzemű tüzelőcellákról hallottunk, ez az FCEV autók áramforrása.

FÉMBÁZISÚ TÜZELŐCELLA

Vannak – ez az autós világban újdonságnak számít – fémbázisú tüzelőcellák is. A cél változatlan: szabad elektronok létrehozása az anód és a katód közötti külső áramkörben. A cella tüzelőanyaga maga az anód: egy oxidálható fém. Az anód fém oxidációját az elektrolit segítségével hozzuk létre. A fém atom (jelöljük F-el) külső elektronjának kötése megszűnik, és a szabad elektronok a külső áramkörben villamos egyenáramot hoznak létre. A pozitív fémionok (F⁺) az elektroliton, például KOH vizes oldatán (potasz-szium hidroxid) keresztül jutnak az anódra. A katódra külső levegőt áramoltatnak és a levegőben lévő oxigénből – a külső áramkörből visszatérő



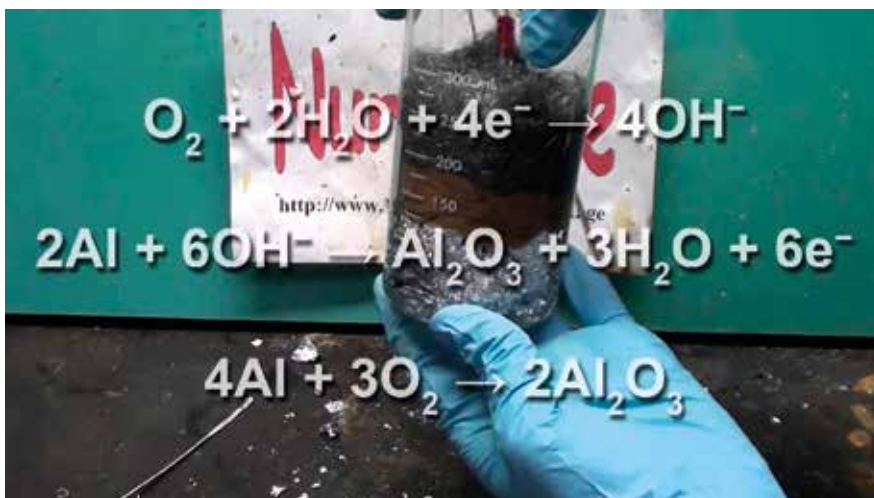
Az alumínium-levegő tüzelőcella fajlagos energiasűrűsége 8 kWh/kg.

elektronok jelenlétében – oxigénionok (O²⁻) jönnek létre. A katódon az F⁺ és az O²⁻ egyesülése megtörténik és F₂O molekulák keletkeznek, mintegy a cella működésének melléktermékeként. Az elektrolit tulajdonsága a cella működése szempontjából meghatározó

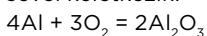
fontosságú. A KOH oldata a „tüzelőanyag-anódon” létrejövő pozitív fémionokat a katód felé átengedi, a szabad elektronok áramát viszont blokkolja, így azok a külső áramkörön jutnak a „levegő-katódra”, miután a villanymotoron is átmentek. Mindezeket az új ismereteket dr. Imre László emeritus professzor úr, az MTA doktornak szakmai cikkeiből idéztük.

Tüzelőanyagként alumínium és cink alkalmazható. A 2,7 kg/dm³ sűrűségű alumínium térfogategysége elméletileg 10-szer nagyobb energiát képes szolgáltatni, mint a hidrogén. A cink sűrűsége nagyobb (7,14 kg/dm³), de a térfogategységének felhasználásával szolgáltatott energia kb. az alumíniuméval egyező – tudjuk meg Imre László professzortól.

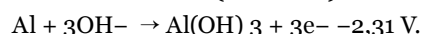
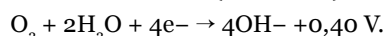
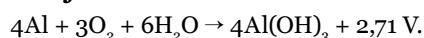
A tüzelőanyagként alkalmazható Al- és Zn veszélymentesen szállíthatók és tárolhatók, a folyamatban keletkező alumínium-oxid vagy cink-oxid újra feldolgozható. Ha a fém tüzelőcellát ólomakkumulátor helyett alkalmazták, akkor ugyanazon térfogatú Al bázisú cella kb. 10-szer annyi energiát képes szolgáltatni.



Az alumínium-oxid az alumínium égetésével, illetve nagy hőmérsékletre hevítésével keletkezik.

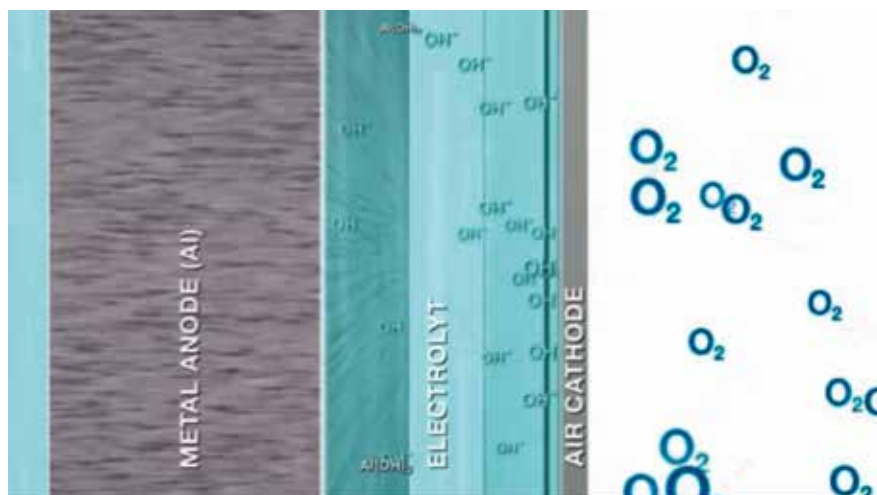


Az Al₂O₃ fehér színű por, közismert neve a timföld. Egy kis ismeretfrissítő: a timföld az alumíniumgyártás köztes terméke, amit a bauxit kilúgozásával állítanak elő. Az eljárás közben keletkező hulladék a vörösiszap.

Az anód reakció (oxidáció):**A katód reakció (redukció):****A teljes reakció:**

Amennyiben az elektrolit KOH, úgy a reakció potenciálkülönbsége 1,2 V, sós víz elektrolit esetén 0,7 V.

A fém-levegő tüzelőcella nem új ötlet. A cink-levegő akkumulátor kémiai folyamata már alaposan ismert: ma már nemcsak a nagyothalló készülékekben használják, hanem lehetőség van arra, hogy más, emberi testbe beültetett szerkezeteknél is alkalmazzák. Az IBM megfeszítve dolgozik a lítium-levegő elemen, melyet a Phinergy elemhez hasonlóan nagy hatósugarú elektromos járművekben kívánunk alkalmazni. Az elmúlt hónapokban röppent fel a hír, hogy nátrium-levegő kombináció kémiailag ugyancsak megfelelő energiacellaként. Mind a három fajta energiaforrásnál a levegő teszi az alkalmazást különösen kívánatosá. A hagyományos akkumulátoroknál a kémiai folyamat zárt térben, az elemen belül zajlik le, emiatt az akku nagy és nehéz. A fém-levegő cellákban az energiát a fémek – melyek a lítium, cink és alumínium – oxidációja szolgálja és a bennünket körülvevő levegőt használják ehhez, amit nem kell a cellán belül tárolniuk. Ennek eredménye az akkumulátor tömegének jelentős csökkenése.



Az alumínium-hidroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$ akvakomplex formában jelen lévő alumínium-ionokból keletkezik. (Sokak számára a vegyület nem ismeretlen, csak megnevezetten nem tudnak róla, mert a gyógyászatban is felhasználják a gyomorsavak semlegesítésére, gyomorsavtúltengés vagy gyomorfekély esetén.)

Az Al-levegő tüzelőcella katódjára levegőt áramoltatnak. A katód a levegőből fogja be az oxigént. Hasonlóan a négyütemű belső égésű motorhoz, ami levegőt használ a tüzelőanyag égetéséhez, ez az elem levegőt használ az elektromos áram előállításához.

A katódot egy szabadalmaztatott anyag borítja, ami akcióba lép a levegő oxigénjével. Az anód alumíniumlemez. A katódbevonat ma ipari titok. Az elektródák – az akkumulátorokhoz hasonlóan – elektrolitba merülnek, ez esetben is folyadék. Elektromos áram úgy jön létre, hogy a töltéshordozó részecskék a cellán belül, az elektroliton keresztül, a katódról az anódra áramlanak.

Összefoglalva, az alumínium-levegő elemekben a töltéshordozó részecske akkor keletkezik, amikor a levegő a katóddal reakcióba lép. A részecskét az alumínium anód magához vonza, és az ekkor keletkező vegyi folyamat eredményeként alumínium-hidroxid lesz, melyet elnyel az elektrolit.

A folyamat fokozatosan elfogyasztja az alumíniumlemezeket, a tüzelőanyagot. Ez az elem addig használható, amíg a lemezek léteznek, ami kb. 1600

kilométernél történik meg. Amikor a lemezek elhasználódtak, pótolni lehet őket. Phinergy szerint a pótlás költsége, mely kb. 1600 kilométernyi használat után szükséges, annyiba kerülne, mint amennyibe a belső égésű motorhajtó anyag kerül mai árakon.

VANNAK NEHÉZSÉGEK IS!

Amikor az alumínium az oxigénnel vegyi kapcsolatba lép – ugyanúgy, mint az akkumulátoroknál –, a felületén olyan vegyület képződik, ami megakadályozza a további oxidációt. Ez teszi az alumíniumtermékeket ellenállóvá és ezért biztonságosak például a belőlük készült főzőedények. Az anyag maga mérgező, de az oxidja leszigeteli a felületet. A tüzelőcellában az oxidációnak folytatódnia kell, ezért az elektrolitban lévő adalék megakadályozza a szigetelő felület kialakulását.

A bemutatott rendszer porózus, nagy felületű elektródát használ katódként, így jelentős mennyiségű oxigént képes kiszűrni a levegőből. Az elektróda anyagában ezüst alapú katalizátorral érik el, hogy a szén-dioxid ne zavarja meg annak működését. Ez utóbbi a

fém-levegő tüzelőcellák nagy problémája, mivel a katódhoz kapcsolódó szén-dioxid fokozatosan szénrel telíti a felületet. Ennek kiküszöbölése a fejlesztők egyik találmánya.

A tüzelőcella csak akkor aktív, ha elektrolit van a cellákban. Használton kívül az elektrolitot egy tartályban tárolják, amíg szükség nincs rá. Ahogy az alumíniumlemezek elfogynak, az elektrolit pedig annyira feltöltődik alumínium-hidroxiddal, hogy azt is cserélni kell. Az elektrolit is újrahasznosítható.

A Citroën kijelzője mutatja, hogy mennyi a még megtehető távolság, mennyi a villamos hajtásban a Li-ion, és az Al-levegő milyen részarányban adja a hajtóteljesítményt (kW), láthatjuk, hogy milyen a Li-ion akkumulátor töltöttsége (kWh) és azt, hogy az Al-levegő tüzelőcellában még mennyi az Al (tüzelőanyag) és az elektrolit tartaléka kWh-ban.

FEJLESZTŐ ÉS GYÁRTÓ

Az izraeli start-up vállalkozás, a Phinergy mérnökei szerint a rendszer jól működik és a további fejlesztéseket figyelembe véve hamarosan elérik, hogy egy 100 kilogrammos alumínium-levegő elemmel 3000 kilométeres távolság is megtehető, szemben a Tesla Model S 500 kilogrammos akkumulátorával, ami csak 480 km megtételéig szolgáltat energiát.

A Phinergy alumínium-levegő cella azonban két okból is egyedülálló: Először is úgy tűnik, a vállalat megtalálta a megoldást arra, hogy az oxidáció ne okozzon kárt az alumíniumban. Másodszer a cella az alumíniumot tüzelőanyagként használja, az alumíniumból folyamatosan lesz alumínium-oxid. A Phinergy kísérleti Al-levegő áramforrása 50 alumínium-lemezt tartalmaz, és mindegyik lemez 32 kilométer megtételéhez elegendő energiát szolgál. 1600 kilométer után a

lemezeket pótolni kell. Ezeket az akkumulátorokat minden 320 kilométer megtétele után fel kell tölteni vízzel, hogy az elektrolitot pótoljuk. Nézőpont kérdése, hogy a lemezek pótlását fantasztikus vívmánynak vagy borzasztóan nyűgnek vegyük. Egyfelől egy feltöltéssel újabb 1600 kilométerre elegendő energiamennyiséget nyerünk, ugyanakkor minden 1600 kilométernél egy új akkumulátort venni nem tűnik kifizetődőnek. Az akkumulátor ára nyilván esni fog. Mai árakon egy kilogramm alumínium 2 dollár, az 50 lemez súly kb. 25 kilogramm, tehát a munkadíjtól eltekintve egy csere 50 dollárba kerül, ami 1600 kilométer megtételére kivetítve egészen jól hangzik, összehasonlítva a mai (kanadai) benzinárakkal. Az Al-levegő áramforrás használata így számolva igen gazdaságos. Hozzá számíthatjuk, hogy az alumínium-oxidból visszanyerhető az alumínium, bár ez a folyamat rendkívül költséges.

JÖVŐKÉP

Úgy tűnik, hogy a Phinergy az Al-levegő tüzelőcellát csak kiegészítő energiaforrásként fogják használni a szokványos lítium-ion akkumulátor mellett, mely az elsődleges akkumulátor. A kísérleti Citroën C1 kis teljesítményű lítium-ion akkumulátora néhány tucat kilométerig mozgatja a kocsit, majd a csomagtartóban elhelyezett Al-levegő tüzelőcella lesz az áramforrás, mely a távolság megnövelésére szolgál, és ez látja el energiával a Li-ion akkut is. A Phinergy azt nyilatkozta, hogy szerződése van az egyik legjelentősebb autógyártóval, hogy 2017-ben Al-levegő akkumulátort építenek majd be sorozatgyártású kocsikba, noha az még nem tisztázott, hogy ez az üzemelési távolság megnövelésére a kiegészítő akkumulátor szerepét tölti majd be, vagy ez lesz az elsődleges energiaforrás.

Az Alcoa az alumíniumlemezeket, itt Kanadában, egy quebeci olvasztóban képes gyártani. A politika e mögött az, hogy Qubeckben hihetetlen mennyiségű vízi energia áll rendelkezésre, a provinciális kormány ezért szorgalmazza az elektromos járművek elterjedését, így a vállalatoknak jó esélyük van állami támogatás megszerzésére. De mint mindenütt és mindennel kapcsolatban, vannak akadályok. Az alu-levegő tüzelőcella a jelenlegi formájában túlméretes, szükséges méretének a csökkentése. Beépítése gépkocsiba növelné annak árát, mely növelés mértékét még nem adták közre.

Szükség van egy ellátó hálózatra, ahol pótolják az alumíniumlemezeket és cserélik az elektrolitot.

Túl sok talán a bizonytalanság? Lehet. De az ötlet elég jó ahhoz, hogy próbára tegyék. ■

Forrás:

Charles Jolicoeur cikke, www.autogo.ca
http://en.wikipedia.org/wiki/Alumini-um%E2%80%93air_battery

Dr. Imre László: A szilárd savas és a fémbázisú tüzelőanyag-cellák fejlesztése. Elektrotechnika, 2002. 95. évf. 4. szám

http://www.alcoa.com/canada/en/news/releases/2014_phinergy.asp

https://www.youtube.com/watch?v=5gpewOoeUmM&list=PLadeEB-9JmjOKcI5jrWTPEZXaqNjrm-G6_G&index=5

<http://www.phinergy.com/>

