



Egy játékos kísérlet

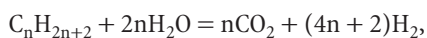
A hidrogénüzemű autó

Középiskolai (egyetemi) kísérlet a hidrogén üzemanyagcellás autó működésének bemutatására

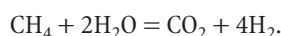
A motorhajtóanyagok, a benzin, a dízelolaj és a földgáz helyettesítői a bioüzemanyagok lehetnek. Ezek többlet károsanyag-kibocsátása elhanyagolható. Gazdaságos előállításukhoz jól szervezett, összehangolt munkára van szükség. Olyanra, amely az üzemanyag mellett a melléktermékeket is a lehető legnagyobb mértékben hasznosítja, illetve értékesíti. A jelenleg már használatos bioetanol, a biodízel és a metánalapú biogáz mellett távollatilag a hidrogén is lehet helyettesítő. A hidrogénnel való járműhajtás megvalósításához azonban további problémákat kell megoldani, amelyek közül a hidrogén tárolása, szállítása és eltüzelésének módjai a legfontosabbak.

A hidrogén-előállítás lehetőségei

A szokásos csoportosítás szerint a hidrogén előállítása több módszerrel, különféle kiindulási anyagokból lehetséges. Szénhidrogénekből, elsősorban metánból kiindulva az úgynevezett vízgőzös reformálással állítják elő napjainkban a legnagyobb mennyiségben a hidrogént. Ennek a reakciónak a lényege, hogy megfelelően magas hőmérsékleten a víz reagál a szénhidrogénnel, és hidrogén–szén-dioxid gázkeverék képződik. A reakció általánosan a következő egyenlettel írható le:



amely metánból kiinduló gyártás esetén az alábbi egyenletre egyszerűsödik:



Hidrogén képződik a szintézisgáz gyártásakor is, amely régóta ismert, szénbázisú technológia. A reakciók során keletkező hidrogén–szén-monoxid gázkeverék szén-monoxid-tartalmát az ismert, vízzel való

konverziós reakcióval szén-dioxiddá lehet átalakítani, miközben a szén-dioxiddal ekvivalens mennyiségű hidrogén is képződik.

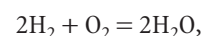
A biotechnológiai kutatások eredményeként biomasszából is előállítható hidrogén. Ebben az esetben is szén-dioxid a kísérő termék. Hasonló a helyzet azokkal a kutatási fázisban lévő technológiákkal is, amelyek biotechnológiai folyamatok termékeiből vagy melléktermékeiből – például a bioetanolból vagy a glicerinből – kiindulva vizsgálják a hidrogéngyártást. Ezekben az eljárásokban az a közös, hogy nem terhelik extra szén-dioxiddal a környezetet, mert a kibocsátott szén-dioxid a biomassza újraképződése során elvileg felhasználódik. Ezért lehet ezeket a módszereket a szénből, illetve szénhidrogénből kiinduló technológiáknál környezetkímélőbbnek tekinteni.

Ha alapjaiban vizsgáljuk az említett hidrogén-előállítási módszerek kémiáját, akkor arra következtethetünk, hogy a víznek kulcsszerepe van. Ez azért érthető, mert a szénhidrogének, illetve a biomasszaalapú kiindulási anyagok szénatomjait tartalmazó szén-dioxidhoz oxigénmolekula kell, s a vízmolekula megbomlásának másik terméke a hidrogén. A vízmolekulát azonban több módszerrel lehet hidrogénre és oxigénre bontani, amelyek közül a legismertebb és leggyakrabban alkalmazott az elektrokémiai vízbontás, a technológia nyelvén szólva a víz elektrolízise. Ennek a folyamatnak több technológiai megvalósítása ismert, ennek ellenére napjainkban is jelentős erővel kutatják a folyamatot azért, hogy az eljárást a lehető leggazdaságosabban üzemelővé tegyék. A kutatások egyik iránya a folyamathoz szükséges elektromos energia minimalizálása. A víz elektrolízisekor nem képződik

szén-dioxid, azaz ennek problémáival az eljárásban nem kell foglalkozni. Célszerű, energiatakarékos megoldást nyújt a szélenergiával vagy a napenergiával mint alternatív energiaforrással működtetett elektrolízis. Ebben az esetben nincs szükség hálózati elektromos energiára, amelyet más helyszínen esetleg fosszilis energiahordozókból, azaz nem környezetbarát módon állítanak elő.

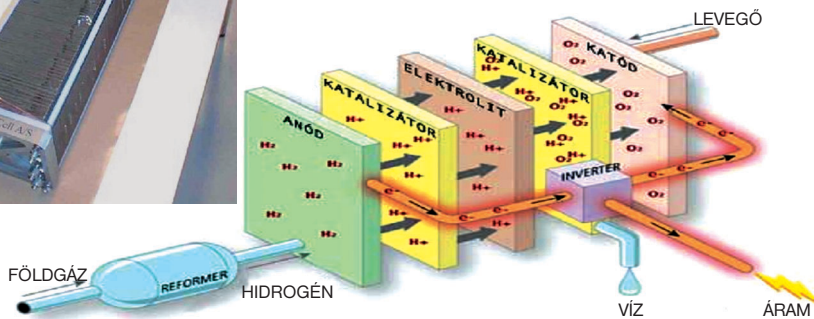
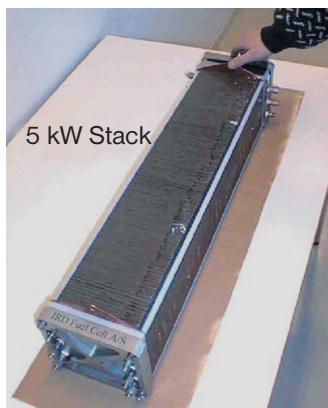
Az üzemanyagcella elve, felépítése

A hidrogénnek mint üzemanyagként a felhasználása járművekben két módon lehetséges. Az egyik a közvetlen elégetése, amely jelenleg még kisebb jelentőségűnek mutatkozik, főleg biztonsági szempontok miatt. A másik a hidrogén elégetéskor képződő kémiai energiának az üzemanyagcellákban való hasznosítása, azaz elektromos energiává való alakítása. Az így előállított elektromos energiával pedig elektromotor által hajtani lehet a járművet. A lejátszódó kémiai folyamat tehát a hidrogén oxidációja vízzé:



azaz a víz elektrolízisének végbemenő reakció megfordítása.

A hidrogén-oxigén üzemanyagcella felépítése és működése röviden a következő. A reakciót katalitikus úton vezetik. Az egyik, membránnal elválasztott elektródterbe vezetik a hidrogént, a másikba az oxigént. A membrán felületén lejátszódó reakció terméke a víz, amely a cellából elvezethető. Az **1. ábrán** egy gyakorlatban is használt üzemanyagcella és annak működési elve látható. A bevezetéseknek lépnek be a jelzett gázok egymással szemben. A képződő elektromos áram hajtja villanymotoron keresztül az autót. Ha az



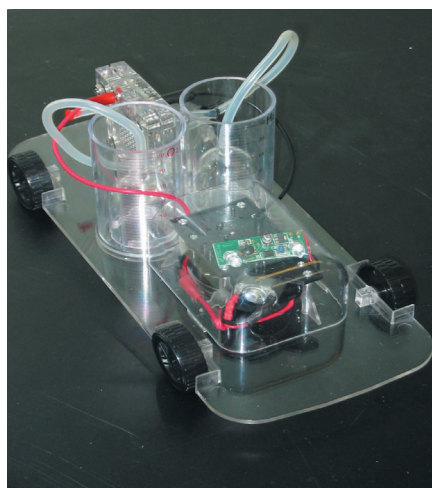
1. ábra. Metánkonverteren keresztül gyártott hidrogénnel és a levegő oxigénjével működő üzemanyagcella (forrás: üzemanyagcella.lap.hu)

üzemanyagcella álló helyzetben működik, a termelt elektromos áram akkumulátorban tárolható.

A kísérlet

A kísérlethez egy játék (Fuel cell car, Science kit) szükséges, amely játékboltokban beszerezhető (15 000 Ft). A játék tartalmazza egy összeszerelhető üzemanyagcellás autómódellemelét, amelyből a jármű egyszerűen, az összeszerelési utasítás szerint összeállítható (2. ábra).

Az autót villanymotor hajtja, amelyek az áramellátását az üzemanyagcella biz-



2. ábra. Az üzemanyagcellás autómódel

jelzésig, majd a gázharangot összekötjük a megadott módon a műanyag csövecskével.

Rákapcsoljuk az elektromos hozzávezetést. Figyeljük, hogy – az akkumulátor energiáját felhasználva – hogyan fejlődik a hidrogén és a másik gázharang alatt az oxigén. A tartályok jelzéseit az elektrolízis kezdetekor feljegyezve mérhetjük a két képződő gáz arányát, azaz azt, hogy két térfogat hidrogén mellett egy térfogat oxigén képződik.

Amikor a hidrogént tartalmazó gázharang megtelt, lekapcsoljuk az akkumulátort a berendezésről és a műanyag csövek áthelyezésével a gázokat az üzemanyagcellára vezetjük.

Az üzemanyagcella működését a modell elindulása jelzi. A modell működése, azaz mozgása során felhasználja a gáztartályok tartalmát, a modell megáll. Amikor ez bekövetkezik, a modell megáll. A gáztartályokat újra fel kell tölteni hidrogénnel és oxigénnel. Ezt most a napelem segítségével is elvégezhetjük. A napelem piros és kék színű vezetőit a megfelelő pólusokhoz csatlakoztatjuk és a napelemet „napirányba” fordítjuk. Ehhez a művelethez egy erősebb lámpa elegendő. Amikor a gázharangok ismét megteltek, az autó újraindítható.

Ajánlás

A kísérlet alkalmas a környezetben az energetika, az alternatív energiaforrások, az alternatív motorhajtóanyagok, a kémiában a heterogén katalízis és az elektrokémia, a fizikában pedig az energiatermelés és -átalakítás egyszerű kísérletekkel való bemutatására. ●●●

A hidrogéntárolási lehetőségekről

Elterjedt, hogy a hidrogént nehéz tárolni és a felhasználókig elszállítani, noha a feladat napjainkban is intenzív kutatás-fejlesztés tárgya. 1866-ban vették észre, hogy a Pd fémekben hidrogén oldható fel. A hidrogénfelvétel mértéke Pd-ban nem túl jelentős, más fém, például a titán 4 tömeg%-ot, a magnézium 7,6 tömeg%-ot képes tárolni hidrid formában, amint azt az olajválság következtében megindult hatalmas kutatási offenzíva bebizonyította az 1970-es években. Megjegyezzük, hogy a különböző fémhidridek bomlása – a hidrogén leadása – reverzibilis folyamat, de visszaalakításuk anyagoként változó energiabefektetéssel oldható csak meg – ennek a gazdaságos alkalmazhatóság szempontjából igen komoly jelentősége van.

A hidrogén tárolható tartályokban nyomás alatt, környezeti vagy cseppfolyós állapotban, alacsony hőmérsékleten – ez azonban igen gazdaságtalan és nem is praktikus. Az egyik lehetséges alternatíva a hidrogén tárolása szilárd fázisban adszorbenseken. Ilyen adszorbens lehet a szénnanocsó.

Milyen a szénnanocsó kötegek hidrogéntároló kapacitása? Az anyagban különböző helyek állnak a hidrogénmolekulák rendelkezésére az adszorpcióhoz. Ilyenek a csövek közti csatornák, a nanocsövek belső tere, továbbá a

kötegek külső felületén lévő csövek fala és a szomszédos csövek egymáshoz kapcsolódásánál kialakuló vályúk. Egyszerű geometriai megfontolás alapján kiszámítható [a hidrogénmolekula kinetikus átmérőjét alapállapotban 0,289 nm-nek tekintve és figyelembe véve, hogy egy (10,10) geometriájú, 1,34 nm belső átmérőjű nanocső belsejében nyolc hidrogénmolekula helyezkedhet el], hogy az ilyen szoros illeszkedéssel töltött nanocsőkötveg hidrogéntároló kapacitása 4 tömeg%.

A tárolás kapcsán további technikai gondok is megoldásra várnak, amelyek közül legfontosabbnak látszik az egyenes hidrogénleadás – amely a jármű meghajthatósága szempontjából szükséges – és a megfelelő „üzemanyag-töltő hálózat” kiépítése a biztonságos üzemanyag-ellátás érdekében.

A járművön való hidrogéntárolás lehetséges módjait tekintve arra a következtetésre juthatunk, hogy egyik megoldás sem elégíti ki egyszerre a biztonsági, a gazdaságossági és az előzőekben említett követelményeket. Mérvadó az is, hogy az USA Energiaügyi Hivatala 6,5 tömeg%-ban határozta meg az elérendő hidrogéntároló kapacitást. Mindezeket a követelményeket kielégítő, az alkalmas tárolási módszer és eszköz kifejlesztése jelenleg is óriási erőfeszítéssel folyik.

Kónya Zoltán