



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék
Műanyag- és Gumiipari Laboratórium

Pórusos anyagok az üzemanyagcellákban

Készítette: Szabó Zsolt

2019.11.11

Tartalom

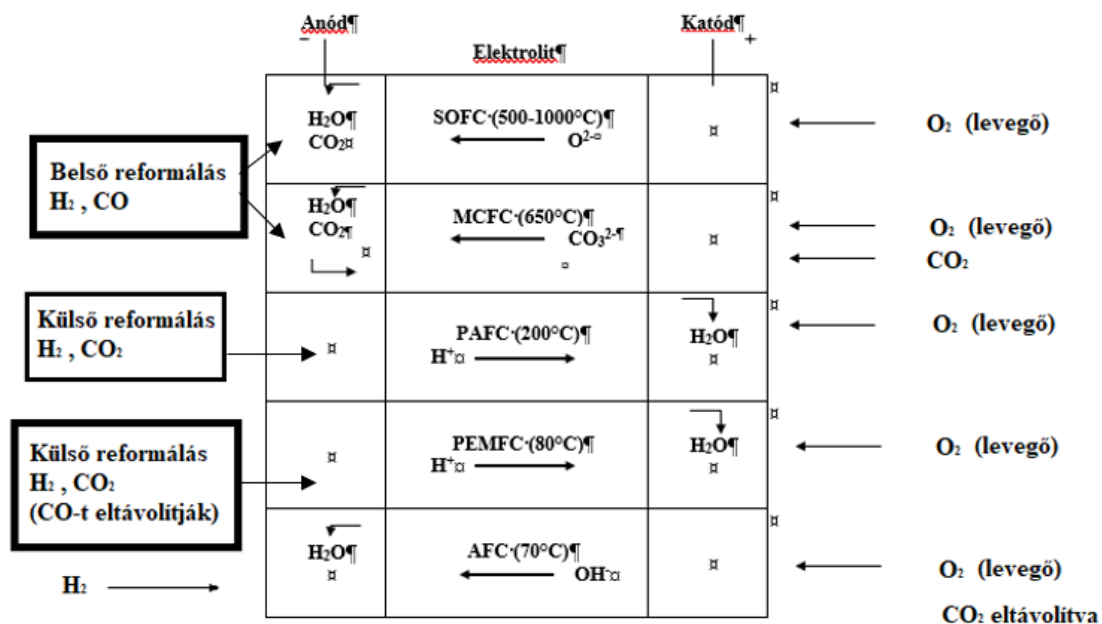
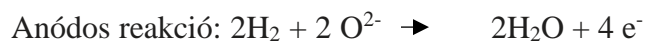
| | |
|---|----|
| Bevezetés: | 2 |
| Az üzemanyag cellák működése és felépítése: | 2 |
| Polimer elektrolit membrános üzemanyagcella | 3 |
| Szilárd oxid üzemanyagcella | 4 |
| Pórusos anyagok szerepe az üzemanyagcella technológiában..... | 4 |
| Gázdifúziós rétegek a polimerelektrolit membrános üzemanyagcellában | 5 |
| Pórusos szerkezet erősítő anyagok az szilárd oxidos üzemanyagcellában | 6 |
| Az üzemanyagcella elektródjai..... | 6 |
| PEMFC elektródok..... | 6 |
| Szilárd oxidos üzemanyagcellák elektródjai..... | 8 |
| Az üzemanyagcellák pórusos elemeinek vizsgálatára alkalmas módszerek | 9 |
| Összefoglalás..... | 10 |
| Felhasznált irodalom:..... | 11 |

Bevezetés:

A pórusos anyagok használata fontos része az üzemanyagcellák technológiájának. Biztosítják a elektrolit membrán mechanikai integritását, és elősegítik a membránon keresztüli gáz diffúziót. Felhasználhatják őket gázdifúziós rétegeként, a cella olyan részein, ahol a gáz és a víz elektromos vezetése és permeabilitása kritikus, illetve használják őket az elektród anyagaként, ahol az optimális ionos és elektromos vezeték, porozitás és katalizátor eloszlás rendkívül fontos tényező.

Az üzemanyag cellák működése és felépítése:

Az üzemanyag cellák a többi elektrokémiai energiátárolóhoz hasonlóan kémiai energiát alakítanak át elektromos energiává oxidációs és redukciós folyamatokon keresztül. Üzemanyagként többféle gázt is alkalmazhatnak, de a legkutatottabbak a H₂ gázt használó cellák, a hidrogén nagy fajlagos energiasűrűsége és cella környezetbarát működése okán. (Ábra 1.) A cella reakció során hidrogén gáz oxidálásával víz keletkezik. Az általános anód és katód reakciók:



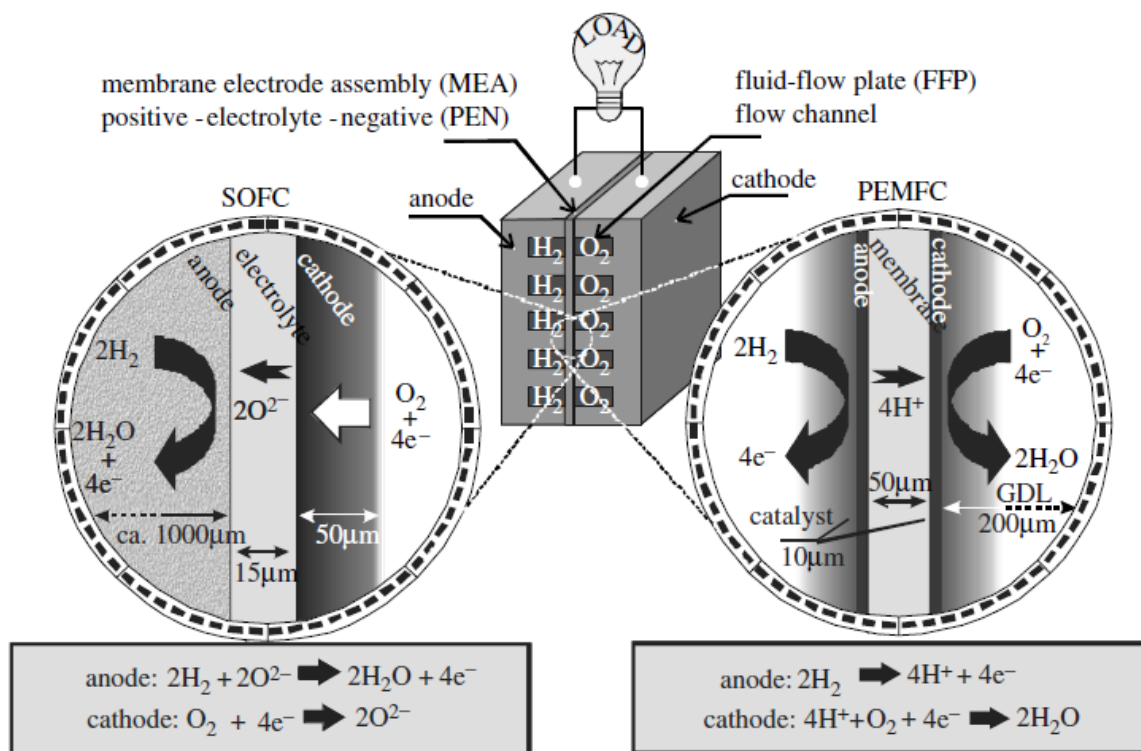
Ábra 1 A leggyakoribb üzemanyagcella típusok a leggyakrabban használt tüzelő gázzal

Az alacsony hőmérsékleten üzemelő cellák a alkáli üzemanyag cella (Alkaline fuel cell AFC), a polimer elektrolit membrános üzemanyag cella (polymer electrolyte membrane fuel cell PEMFC), és a foszfor savas üzemanyag cella (phosphoric acid fuel cell PAFC). Az alacsony hőmérsékletnek köszönhetően a cella belső ellenállása kisebb, illetve hőérzékeny polimerek is alkalmazhatóak, viszont kisebb a reakció sebesség és a rendszer érzékeny a szénmonoxidra, az AFC a széndioxidra

is ezért a levegőből a széndioxidot megkötik. A magas hőmérsékleten üzemelő cellák, mint például a karbonát olvadékos üzemanyag cella (molten carbonate fuel cell MCFC) és a szilárd oxidos üzemanyag cella (solid oxid fuel cell SOFC) a szénmonoxidot is képesek oxidálni, ami előnyös, ha szénhidrogéneket kívánunk alkalmazni fűtőanyagként. A legkutatottabb cella típusok között szerepel a PEMFC, amit a közlekedésben terveznek hasznosítani az akkumulátorok helyett, illetve a SOFC, amit helyszíni energiátárolásra lehet felhasználni. Ennek a két cellának a működését és részlet részletesebben is ismertem.

Polimer elektrolit membrános üzemanyagcella

A PEMFC-t a nagy áramsűrűség, gyors beindíthatóság és az alacsony üzemi hőmérséklet teszi az üzemanyagcellák közül a legalkalmasabbá a jelenleg közlekedésben alkalmazott akkumulátorokkal való versenyre. A cella felépítése és működése a 2. ábrán látható.



Ábra 2 Egy-egy (Bal oldalt) SOFC, (jobb oldalt) PEMFC típusú cella működése és felépítése

Az elektrolitnak használt anyag egy proton vezető polimer, így a reakcióban a víz a katód oldalán fog keletkezni. A membrán anyaga általában perfluorozott polimerek, de ezek meglehetősen drágák, így szénhidrogén alapú membránokat is fejlesztenek a kisebb költség és magasabb üzemi hőmérséklet lehetővé tételének érdekében. A katalitikus aktív réteg a membrán két oldalán található. Az általánosan használt katalizátor-hordozó párosítás a nanopórusos platina-szén kompozit. A platina magas ára miatt a katalizátor réteg általában egy cella árának 50%-át is kiteszi. Az ár csökkentésének érdekében különböző héj-mag szerkezetű szemcsékkel és ötvözetekkel, vagy fém mentes katalizátorokkal próbálják helyettesíteni a tiszta fém platina katalizátort. Az alkalmazott

katalizátorok általában pórusos felületűek, a nagyobb fajlagos felület biztosított nagyobb aktivitás miatt. Azonban a megfelelő pórus struktúra kialakítása komplikált és rosszul szabályozható hagyományos módszerek alkalmazása mellett. A problémára egy megoldás a „catalyst ink” használata jelenthet. Ezek komplex folyadékok, amik ionos polimerből és Pt/C szemcsékből álló nanoaggregátumok diszperziói alkohol, vagy alkohol-víz elegyben eloszlata, és az oldószer elpárolgatásával kialakítható a szerkezet. Az oldószer elegy összetételének változtatásával, a kapott részecskeméret eloszlás változtatható.

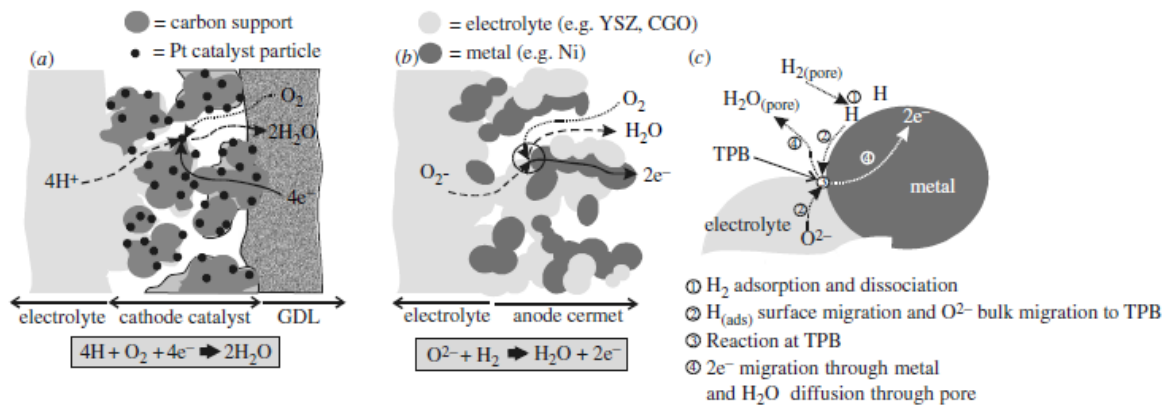
Szilárd oxid üzemanyagcella

A kerámiából készült szilárd oxidos üzemanyagcellák magas hőmérsékleten, általában 800°C fölött üzemelnek, a fém-kerámia anyagú cellák pedig 500-800°C között. A cella felépítését és a reakciókat az Ábra 2. mutatja. Az elektrolit cirkóniával stabilizált ittriumból (YSZ) áll, ami az oxid ionokat engedi át magas hőmérsékleten. Ez azt jelenti, hogy a cellareakcióban keletkező vízgőz az anódnál fog megjelenni. Az alkalmazott katód perovszkitből, (mint például stroncium adagolt lantán-manganáttal) és cirkónia stabilizált ittriumból áll. Az anód fémkerámia kompozitból, nikkelből és YSZből áll. A cellát olyan helyeken használják, ahol a magas üzemhőmérséklete előnyt jelent. A felhasználható például melegítésre ipari körülmények között, otthonok fűtésére, vagy hibrid ciklusú turbinákkal összekötve nagy teljesítményű áramtermelésre. További előnye, hogy lehetséges a belsőreformáció során keletkező hőt fel lehet használni a cella fűtésére, növelve ezzel a rendszer hatásfokát.

Pórusos anyagok szerepe az üzemanyagcella technológiában

A pórusos anyagok két kulcsfontosságú szerepet látnak el az üzemanyagcellákban. Az egyik fő funkciójuk a gáz transzport biztosítása az cella elektródjai között. A PEMFC-k esetén a gázdifúziós réteg (gas diffusion layer GDL) áramszedő szerepet is betölt, hogy biztosítja ez üzemanyag áramlást miközben megakadályozza a termék (víz) transzportot. A SOFC-k eseténben többletfunkcióként segítik a mechanikai stabilitást és áramszedők is.

A másik pórusos anyagból készült komponens a cella katódja és anódja. A cella működésének szempontjából lényeges az elektródkinetika által okozott veszteségek elkerülése, ezt a háromfázisú határfelület (a pórusos felület, ionosanvezető felület, és a elektromosan vezető felület határa) maximalizálásával lehet elérni. A három fázis találkozási miatt rendkívül komplex rendszer keletkezik, ahol figyelembe kell venni a részecske méret, a pórus méreteloszlás és az ionos és elektromos vezetés kölcsönhatásait. Mivel ez az egyetlen cella rész, ahol a három fázis találkozik, így itt lehet kinyerni az ionosan szállított elektronokat, ezért igen kritikus az érintkezési felület mérete. A háromfázisú réteg sematikus ábrája a 3.Ábrán látszik.



Ábra 3 A háromfázisú réteg sematikus ábrája, (a) PEMFC katódnál, (b) SOFC anódnál és (c) SOFC anód esetén felnagyítva

A háromfázisú réteg feladatai:

- (I) Elektron transzport biztosítása a reakció helye és az áramszedők között, elektromosan vezető fázison keresztül
- (II) Elektron csere (leadás/felvétel) a gázfázissal az elektród felületén, az ionos termékek kialakításához.
- (III) A keletkező ionok elektrolithoz való eljuttatása az ionosan vezető fázison keresztül.

A háromfázisú határ réteg maximalizálását a gyakorlatban olyan pórusos kompozit elektródok alkalmazásával érik el, amik ionosan és elektromosan is vezető anyagokat tartalmaznak.

Gázdifúziós rétegek a polimerelektrolit membrános üzemanyagcellában

A GDL egy pórusos elektromosan vezető anyagból álló réteg, ami az anód és a katód között helyezkedik el a PEMFC cellákban. A gázdifúziós réteg több funkciót is ellát. Biztosítja a reaktáns szállítását az aktív katalizátorhoz, és biztosítja az elektromos vezetést a katalizátor és az elektródok között. Segíti a víztartalom szabályozást és mechanikailag erősíti a membrán elektródot, illetve hőt vezet el tőle. Csökkenti az ellenállást az elektróda és katalizátor között. Egyes esetekben a GDL-t használják a katalizátor szubsztrátjának.

A GDL tulajdonságai

A gázdifúziós réteg porozitása elengedő kell legyen, hogy biztosítani tudja a hatékony reagens szállítást, de nem lehet annyira magas, hogy csökkentse az elektromos vezetést, vagy rontsa mechanikai tulajdonságokat. Általában 75% vagy magasabb az alkalmazott anyag porozitása. A GDL-nek elektrokémiai korrózióval, illetve a cellában lévő meleg nagy páratartalmú redukáló és oxidáló környezettel, illetve nyomással szemben ellenállónak kell lennie. A leggyakrabban használt membrán alapanyag a szén/grafit.

A GDL általában optimális vastagsága 100-400 μm . Több különböző alapanyagból készülhet, például szénszál papírok, szövetek, hálók, illetve fém hálók. A leggyakrabban alkalmazott GDL a szénszálás papír, aminek a gyártása során polimerből (tipikusan PAN) indulnak ki. Az

alapanyagból szálakat szőnek, és levegőn hevítéssel kezelik őket. A szénszál papír előállításához a polimerszálakat először 1200°C környékén inert atmoszférán karbonizálják, majd a papír gyártás során a kapott karbonált szálakat felaprítják és lappá hengerlik. Az így kapott lapokat impregnálják, majd megfelelő vastagságúra formálják és 2000°C inert atmoszférán az amorf szenet grafitná alakítják, ezzel növelve az anyag vezetőképességét. Eredményképp egy szén-szén kompozitot kapnak. Az átlagos pórus méret az így kialakított szénpapírnak a pórusméreteloszlása 10-30 µm között van. A GDL-t gyakran adalékolják, hogy növeljék a hidrofóbítást, de ez csökkenti a vezető képességét és a porozitását a rétegnek nagy mennyiségben hozzá adott adalék esetén.

Pórusos szerkezet erősítő anyagok az szilárd oxidos üzemanyagcellában

A cella kialakításától függően a szerkezeterősítő anyag készülhet az anód anyagából, ami például lehet kerámia-fémkompozit, katód anyagából, ami például lehet stronciummal kevert lantan mangánát, vagy készülhet inert kerámiából. Ezek az alapanyagok mind relatív sűrű mikrostruktúrájúak 30-40% közötti porozitással. A fő funkciójuk a mechanikai tulajdonságok javítása a törekeny elektródok számára. Az anyag választásakor a GDL-hez hasonlóan szintén fontos, hogy ellenálljon a termikus hatásoknak, az oxidációs-redukciós ciklus elektrokémiai és red-oxi hatásainak, illetve, hogy jó mechanikai terhelhetőséggel és nyomásállósággal rendelkezzenek. Ezeknek az elvárásoknak megfelelnek például a fémerősítéses kerámiák. A gyártási mód lehet szalagöntés, kalanderezés vagy extrúzió.

Szalagöntés során a kerámia alkotóit szuszpenzióként vékony filmben felviszik egy szalaghordozóra, ami egy szárítókamrán megy keresztül. A szárítókamrában a hőkezeléssel kialakítják a kerámiát, a kapott szalagot pedig tekerceslik. A kalanderezés során a hengerson segítségével alakítják ki kerámia szalagot nagy viszkozitású alapanyagból. Az extrúziót csőszerű, vagy négyzetes profilú termékek előállítására használják. A fémerősített rendszert vagy szintereléssel, a kerámia por hevítés közbeni összenyomásával, vagy hálós, fóliás fémerősítéssel készítik. A kész termékek vastagsága 0,2 mm-től 1,5 mm-ig terjedhet, attól függően, hogy tartalmaz-e fém erősítést, mivel ezek a termékek általában vastagabbak, mint amik tisztán kerámiából készültek.

Az üzemanyagcella elektródjai

PEMFC elektródok

A polimer elektrolit membrános üzemanyagcellák alacsony üzemi hőmérséklete limitálja, hogy milyen típusú katalizátorok alkalmazhatóak az igen aktív nemesfémeken kívül, amikkel biztosítható a megfelelő elektród kinetika. Habár a platina az általánosan elfogadott legjobb katalizátor mind az anódos, mind a katódos reakciók katalizálására, de igen érzékeny a CO szennyezésre. Ha a tüzelőanyag szénmonoxiddal szennyezett hidrogén vagy metanol, platina-ruténium anódot használnak a magasabb CO toleranciája miatt, továbbá a platina ötvözetek jelentősen növelik az oxigén redukciós reakció hatásfokát. A megfelelő elektro-katalízis biztosítása, főleg a háromfázisú határreteg méretének maximalizálásán, optimális reagens áramláson és hatékony víz elvezetésen múlik. Ezeket főleg a katalizátor mikrostruktúrája (porozitása) és eloszlása befolyásolja, de kevésbé ismert paraméterek, mint az elektromos hatások,

részecske méret hatás és kristály morfológia is közrejátszanak. A polimer elektrolit membrános üzemanyagcella esetén a vízszabályozás fontos probléma, ezért például a gáz diffúziós réteghez gyakran hidrofób adalékokat adnak, hogy segítsék a víz eltávolítását. Emellett jó stabilitás követelménye, hogy a részecskék ne aggregálódjanak, ellenálljon az elektród a mérgeknek szennyezőknek, illetve mechanikailag és kémiaiilag stabil legyen. A grafit-szén erősített katalizátorok alkalmazása a PEMFC-k élettartalmának jelentős növekedését okozta, illetve lehetővé tette a hozzáadott platina mennyiségének jelentős csökkentését. A 2-5 nm-es platina szemcsék szénhordozókra (50-500 nm-es szemcsék) való felvitelével jelentősen megnő a platina diszperzitása a rendszerben, csökken az agglomerátum képzésre való hajlam, és a katalitikus réteg vezetőképessége is jelentősen megnő. Mivel a szén erősítő is pórusos szerkezetű elősegíti a reagens transzportot a katalizátorhoz. Az általában alkalmazott szén erősítők fajlagos felülete 50-1500 m²/g és általában 10-50 tömegszázalék platinát tartalmaznak. Előfordulnak még többek között kettős szén erősítők, vezetőpolimer erősítők és nanostrukturált tüskés erősítők is.

Egyre többféle katalizátor gyártási módszer található meg az irodalomban és az iparban is. Többek között a poli(terafluoretilén)-be (PTFE) való ágyazott katalizátorok, naflon impregnációval előállított termékek, illetve vékony réteg technológiával gyártott termékek.

A PTFE-be ágyazott katalizátorok gyártása során a katalizátor szemcséit beágyazzák egy hidrofób poli(tetrafluoretilén) rétegbe. Ezzel a módszerrel letudták csökkenteni a használt platina mennyiségét a tizedére. Az iontranszport megvalósításához naflonnal impregnálják a réteget. Bár sikerült a használt katalizátor mennyiségét csökkenteni, de a réteg kihasználtsága csak 20%.

A gyártás lépései:

1. 20 m/m % Pt/C katalizátor szemcsét mechanikusan elkevernek az oldószerben
2. PTFE emulziót adagolnak a rendszer amíg az a térfogat 30% nem teszi ki.
3. Hídképző és peptizáló adalékokat adnak hozzá majd kevertetik a rendszert.
4. Az elegyet vízhatlan szénpapírra viszik fel
5. Az elektródokat szárítják 24 órát, majd fél órát 225°C hőkezelik
6. Az elektródokat feltekerik és szinterelik 350°C-on fél órán keresztül
7. Az 5 tömegszázalékos Nafton oldattal átítatják az elektródot, majd 80°C-on szárítják egy órát
8. Forró préssel rögzítik az elektród szerkezetet 145°C-on 3 percig közel 200 bar nyomáson.

A naflon impregnáció különböző módjaival próbálták javítani a PTFE-be ágyazott rendszereket, de a vékonyréteg metódusok megjelenésével háttérbe szorultak ezek a módszerek.

Vékony réteg módszerrel készült katalizátor bevonatok lehetővé teszik a szükséges platina katalizátor mennyiség további csökkentését. A megszokott hidrofób PTFE helyett perfluorosulfonát ionomert használnak a katalizátor szemcsék megkötésére, tehát ebben az esetben a katalizátor rögzítésére szolgáló anyag megegyezik a membrán anyagával. Mivel az eddig használt ionosan nem vezető anyagot lecserélték, a cella majdnem kétszeres áramsűrűséggel tud

üzemelni, illetve a katalitikusan aktív felület is megduplázódott. Ezen felül a vékonyréteg eljárások sokkal jobban alkalmazhatóak a gyártásban is. Bár jelentős fejlődést hozott ez az újítás a kihasználtság még így is csak 45% -is, tehát jelentős javulások érhetőek még el a terület fejlesztésével.

A gyártás lépései:

1. 5%-os perfluorosulfonát ionomer oldatát 20 m/m% Pt/C katalizátorral elegyítik 1:3 ionomer/katalizátor arányban
2. Vizet és glycerolt adnak a rendszerhez, hogy a víz:szén:glycerol arány 1:5:20 legyen.
3. Az elegyet ultrahanggal kevertetik, amíg egyenletes eloszlást, és megfelelő viszkozitást érnek el.
4. Nátrium-hidroxidban való áztatással a ionomer membránjának ionjait kicserélik nátrium ionokra, majd kiszárítják a membránt.
5. Az össze kevert víz-szén-glycerol elgyet felviszik a membrán egyik oldalára. Általában két réteg szükséges a megfelelő bevonat előállításához.
6. A membránt vákuumban 160°C on szárítják.
7. 5 és 6. lépést megismétlik a membrán másik oldalán is.
8. Az elkészült rendszert protonálják 0,1M-os kénsavoldatban, majd áztatják ioncserélt vízben.
9. A szénpapírt/szövetet a bevonatra helyezik, hogy létrehozzák a gázdifúziós bevonatot.

Szilárd oxidos üzemanyagcellák elektródjai

Azon felül, hogy befolyásolja az elektród aktivitást és vezetőképességet a szilárd oxidos cellák elektródjainak szerkezete jelentősen befolyásolja az anyagtranszportot is az elektródban. Az anódos oldalon kialakuló tüzelőanyag hiány jelentő gondokat okozhat és általában a nem megfelelő anyagtranszporttal áll kapcsolatban. Bár a gyártás szempontjából az elektród porozitása és szemcseméret eloszlása fontos paraméterek, de az árcsökkentés miatt főleg nedves kerámia feldolgozási módszereket alkalmaznak, például spray technológiát, szalagöntést, szinterelést. A szinterelés hőmérséklete függ a választott anyagtól, de általában 1300-1400 °C körül van az anód gyártása során, és 1000-1200°C körül a katód gyártása során. Ezekkel az elterjedt eljárásokkal könnyen előállítható finom szemcséjű 10-20 mikrométer vastag, nagy porozitású rendszer. A részecske méret általában a 0,2-5 mikrométeres tartományba esik és a rendszer porozitása 30-45 % os. Bár sok bevett és kutatott eljárás létezik, még nem találtak igazán jó megoldást arra, hogy költséghatékonyan optimális, modellezhető mikrostruktúrájú elektródot tudjanak előállítani, ami megtartja a szerkezetét több ezer óra üzemidő után is.

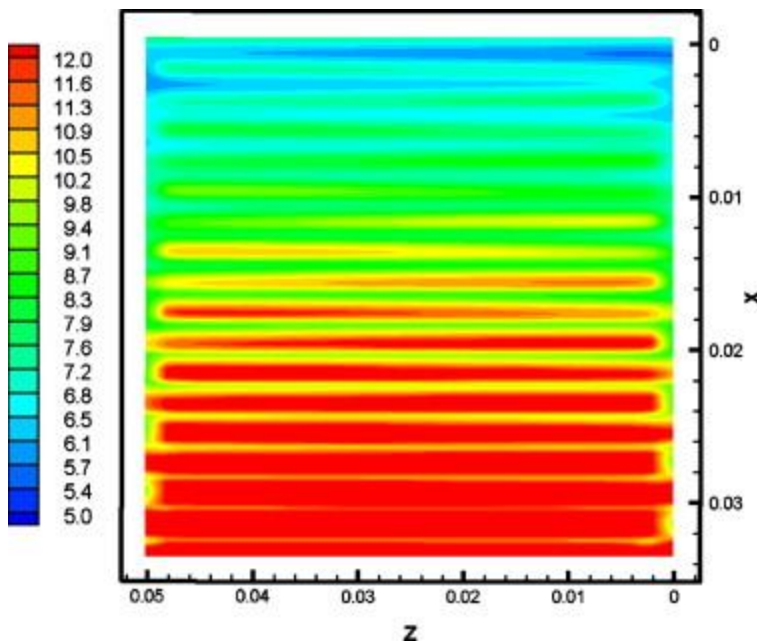
Costamagna et al. egy hasznos analitikai elemző módszert fejlesztettek ki [1] a szilárd oxidos üzemanyagcellák pórúsos elektródjainak jellemzésére, ami figyelembe veszi az elektromos, ionos és anyag transzportot is a pórúsookban és az elektrokémiai reakciókban. A modell magába foglalja a biner porkeverék fajlagos felület paraméterként, illetve a tiszta anyagokra jellemző effektív

elektromos vezetőképességet. A módszer segítségével megtudták határozni, hogy az elektród térfogati összetétele a részecskeméret eloszlással együtt, várhatóan erősen befolyásolja az elektród ellenállását, ami a minimumot az elektromos vezetőfázisnál éri el. Ezt a modellt kísérleti munkával alátámasztott Baron [2] és csoportja, akik kimutatták, hogy a részecskeméret eloszlás és a térfogati összetétel kulcsszerepet játszik a elektród teljesítményében. A tanulmányban NiO és 10 mol % eltérő szemcseméretű gadolina adagolt cériumoxid (CGO) porokat eloszlattak etanolban PVB kötőanyaggal, egyéb adalékokkal, majd szintereléssel elektródot készítettek belőle. A kapott mintáknak az elektromos vezetőképességét vizsgálták. A kapott eredmények alapján megállapították, hogy igen eltérő nikkell és CGO esetén a CGO bevonata a nikkell felületét gátolva az elektromos vezetést, viszont hasonló szemcseméreteknél a vezetőképesség mérhető volt, így kitudták mutatni a szemcseméret eloszlás és vezetőképesség közötti összefüggést.

Az üzemanyagcellák pórusos elemeinek vizsgálatára alkalmas módszerek

Az egyik elterjedt vizsgálati módszer a kialakított rendszer vizsgálata mikroszkópiával. Néhány esetben alkalmazható optikai mikroszkóp is, de a SEM több és részletesebb információt képes szolgáltatni a mintáról. Elektronmikroszkóp segítségével információt lehet nyerni a kialakított szerkezet pórus eloszlásáról, látszanak a jelentős inhomogenitások, illetve EDX vizsgálat és a visszaszórt elektron detektor segítségével kimutathatók az esetleges szennyeződések.

A cella működésének tanulmányozására, illetve esetleges hibák felderítésére alkalmas a hőkép felvétele.



Ábra 4 Proton vezetése követése a katód hőképe alapján

A Ábra 4. is látszódik, hogy ahol nem megfelelő az anyagtranszport ott a hőmérséklet lecsökken. A vizsgálat segítségével következtetni lehet az esetleges hibás cella kialakításra, vagy olyan

meghibásodásra, ami az anyagtranszportot akadályozza, például a pórus rendszer eltömődésére, roncsolódására.

A pórus méret és szerkezet meghatározásra alkalmasak a hagyományos módszerek is, mint a higany-porozimetria, ahol azt vizsgálják, hogy adott nyomáson mennyi higany tud a pórusokba behatolni amiből kiszámítható a pórusok sugara., Adszorpciós és kondenzációs módszerek mely során gázokat/gőzöket adszorbeáltatnak/kondenzáltatnak és mérik a nyomás és tömeg változást. Használható még a röntgen szórás, alagút mikroszkópia és NMR is a szemcseméret és pórusméret meghatározására. Ezek a módszerek segítségével átlagos vagy valós pórusméret eloszlást tudunk meghatározni, ami fontos a termék minősítése szempontjából, mivel a paraméter nagyban befolyásolja az anyagtranszportot, elektron transzportot, és a háromfázisú határ réteg méretét, ami a cella reakció sebességét tudja befolyásolni.

Mivel az tüzelőanyag cellát energia tárolásra, előállításra használják, így a jellemzésére rendszerint elektromos méréseket is alkalmaznak, hiszen felhasználás szempontjából a fő paraméter, hogy milyen teljesítményt tudunk kinyerni a cellából, és mennyi ideig.

Feszültség-áramsűrűség görbe felvételével meg tudják határozni, hogy a cella kinyerhető feszültsége, hogyan csökken az áram növelésével. Általánosan igaz az elektrokémiai energia tárolókra, hogy minél nagyobb áramsűrűséggel sütjük az adott cellát annál kisebb lesz a kapott feszültség, mivel megnő a cella belső ellenállása és az energia egy része a nemkívánatos mellék reakciókra fordítódik.

A cellák további optimalizálására tanulmányozni szokták a lejátszódó degradációs mechanizmusokat. Egy adott paramétert, például anód erősítést, megfelelő vízelvezetést, különböző áramlási viszonyok hatását vizsgálják, úgy, hogy több különböző mintát csinálnak, ahol ezeket a paramétereket változtatják, majd a cellák élettartalmát vizsgálják. Az ilyen vizsgálatok során a cellákat állandó körülmények között állandó áramsűrűséggel sütik ki és azt mérik, hogy hogyan változik a leadott feszültség az idő függvényében. A tönkremenetelt a cella feszültség esése fogja jelezni és ennek mértéke, illetve sebessége is igen informatív.

Egy másik vizsgálati típus az élettartam és degradáció tanulmányozása, a cellának több töltési-kisütési ciklusának vizsgálta. A folyamat során a cellát teljesen feltöltik, majd teljesen kisütik közben mérik a cella kisütési görbét. A cella degradáció nyomon követhető akár a feszültség változás figyelésével (egyre kisebb lesz a kezdeti kisütő feszültség) illetve a fentebb bemutatott hőképp tanulmányozásával, amin hidegebb régiók fognak megjelenni ahogy a cella pórusai a degradáció miatt eltömődnek, illetve ahogy csökken az aktív katalizátor mennyisége a rétegben. A vizsgálat alapján következtetni a lehet a tönkremenetel módjára, illetve összehasonlító vizsgálatok esetén a változtatott paraméter hatásait is ki lehet mutatni ilyen módon.

Összefoglalás

Az üzemanyagcellák üzemanyaga a hidrogén nagy energiasűrűsége, és a keletkezett reakció termék (víz) miatt az egyik legkörnyezetbarátabb energiatárolók lennének, de az üzemanyag alacsony fajlagos energiája és nehézkes tárolása, illetve a cellareakció alacsony hatásfoka hátrányos. A nem ipari alkalmazásban felhasználás másik nehézsége, hogy a legtöbb üzemanyag cella magas hőmérsékleten 200 °C felett üzemel, ami megnehezíti a háztartási és személy elektronikába való használatát.

A pórusos anyagok meghatározó szerepet játszanak az üzemanyagcellák működésében. A cella elektródjai, gázdifúziós és katalizátorhordozó rétege és szerkezet erősítő anyaga is pórusos szerkezetű. A pórusok segítségével az egyes szerkezeti elemek nem gátolják jelentősen az cellán belüli anyagáramot. A katalizátorok és a háromfázisú határreteg megfelelő méretét a nagy porozitással lehet elérni, ami rendkívül fontos, mivel mindkettőnek reakciósebesség meghatározó szerepe van. A katalizátorréteg esetén a nagy felület a katalizátor effektív kihasználtságát növeli a reakcióban. A háromfázisú határreteg, pedig a cella áramlás kinetikáját szabja meg mivel itt tud csak egymással kölcsön hatni az ionos vezetés, az elektromos vezetés és az anyag transzport. A szerkezeti elemek előállítási és gyártási módjai folyamatos fejlesztés alatt állnak annak érdekében, hogy jobb hatásfokú, modellezhető és tartós szerkezetű termékeket tudjanak előállítani.

Felhasznált irodalom:

N.P Brandon and D.J Brett Phil. Trans. R. Soc. A 2006 364, doi: 10.1098/rsta.2005.1684, published 15 január 2006

Kunal Karan PEFC catalyst layer: Recent advances in materials, microstructural characterization, and modeling Current Opinion in Electrochemistry 2017, 5 :27–35

Shanna D. Knights*, Kevin M. Colbow, Jean St-Pierre, David P. Wilkinson Journal of Power Sources 127 (2004) 127–134

[1] Paola Costamagna,a* Paolo Costa” and Vincenzo Antonuccib Electrochimica Acta, Vol. 43, Nos 3-4. pp. 375-394, 1998

[2] Brandon, N. P. et al. 2004 J. Mat. Eng. Perform. 13, 253–256.

Lister, S. & McLean, G. 2004 J. Power Sources 130, 61.