

## Hodnocení diplomové práce Ing. Karla Schlesingera

### Současné metody diagnostiky palivových článků PEM a jejich komponent

---

Předložená diplomová práce se zabývá diagnostickými metodami palivových článků typu PEM a především jejich komponent. Diplomová práce řeší tuto problematiku z teoretického i experimentálního hlediska.

Práce je rozdělena do osmi kapitol. První z nich je věnována alternativním zdrojům elektrické energie a popisuje fotovoltaické a větrné elektrárny. Popis těchto druhů elektráren je rozšířen o diskusi nad možným využitím jejich vlastností v energetickém mixu v České republice. Dále kapitola obsahuje popis některých druhů baterií. Kapitola tvoří vhodný úvod do problematiky a její rozsah je dostatečný.

Druhou kapitolu tvoří popis palivových článků, přičemž je zmíněno rozdělení palivových článků z hlediska probíhajících chemických reakcí. Dále jsou zmíněny základní informace o komponentách běžně používaných v palivových článcích. V závěru kapitoly jsou uvedeny konkrétní aplikace, ve kterých se můžeme s palivovými články setkat. Kapitola je uzavřena diskusí nad výhodami a nevýhodami vodíkových palivových článků. Výčet nevýhod by bylo možné rozšířit o problematiku syntézy membrány, což je technologicky náročný a drahý proces. Dále není podrobněji diskutováno využití platiny, jejíž cena dříve tvořila velkou část celkové ceny palivového článku.

Třetí kapitola popisuje jednotlivé komponenty vodíkových palivových článků s důrazem na použité materiály. Kapitola je doplněna fotografiemi difúzních vrstev pořízenými autorem za použití elektronového mikroskopu. Velmi pěkně je zpracován popis degradačních mechanismů působících na polymerní membránu.

V následujících kapitolách jsou uvedeny výsledky měření vlastností komponent vodíkových palivových článků. Součástí je i popis diagnostických metod, a to jak in-situ tak ex-situ. U každého měření je uveden popis použitého přístrojového vybavení a krátké seznámení se základními teoretickými poznatky.

K měření specifického povrchu využil autor inverzní plynové chromatografie s přídavnou externí celou. Tato část práce obsahuje rovněž popis adsorpční izotermy, vznik jednovrstvy adsorbovaného plynu a vícevrstvou adsorpci. Měření bylo provedeno pro čistou difúzní vrstvu Sigracet 24 BC a pro stejný typ difúzní vrstvy degradovaný kyselinou sírovou a peroxidem vodíku.

V práci je dále popsáno měření elektrických vlastností polymerní membrány typu Nafion a PVA membrán dopovaných TEOS, přičemž je využito vyvinutého přípravku. Kapitola rovněž obsahuje výsledky měření elektrické vodivosti PVA membrán síťovaných GA. Výstupem těchto měření je standardní Nyquistův graf a Bodeho diagram. Dále jsou autorem graficky zpracovány výsledky ve formě 3D grafu. Tento přístup hodnotím velice kladně, protože dochází k daleko přehlednější formě zpracování výstupních dat.

Součástí experimentálně zaměřených kapitol je i popis měření sorpčních a desorpčních procesů u membrán Nafion N115 a Nafion NR212. Tyto procesy jsou sledovány pomocí

dynamické gravimetrické sorpce par za teplot 25°C a 75°C. Výsledky jsou porovnány a jejich rozdílnost je diskutována.

V kapitole věnované termické analýze jsou uvedeny výsledky měření teplotní stability difúzních vrstev (čistých i degradovaných kyselinou sírovou resp. peroxidem vodíku). Měření potvrdilo vliv sloučenin na teplotní stabilitu. Poněkud překvapivě je v závěru kapitoly uveden vliv degradace na elektrickou vodivost. Toto téma bylo řešeno již v předchozím textu a v této kapitole působí rušivě.

V závěru experimentální části práce je popsána stanice pro diagnostiku palivových článků Greenlight G20. Uvedeny jsou i výsledky měření komerčně dostupných sestav membrány a elektrod (MEA) od společností Paxitech a Elektrochem. Jedná se o krátkodobé dynamické testy simulující dlouhodobou degradaci. Z výsledků je patrné postupné zhoršení výkonových charakteristik v závislosti na době trvání testu.

Závěr práce obsahuje popis výukové sady, kterou je možné využít ve výuce fyziky či chemie. V této krátké kapitole je vysvětlen princip výukové sady, k využití sady ve výuce však nedošlo.

Jednou z nejdůležitějších částí práce je kapitola Diskuse, která je zaměřena na interpretaci naměřených dat. Některá tvrzení z této kapitoly hodnotím jako odvážná a zasluhující hlubší rozbor. Celkově však kapitola logicky zakončuje diplomovou práci.

V práci se vyskytuje několik překlepů a typografických chyb, které úroveň práce snižují. Z nejvýznamnějších bych zmínil následující nedostatky:

Ve výčtu je použita notace, kdy horní index u čísla stránky označuje pořadí řádku shora a dolní index u čísla stránky označuje pořadí řádku zdola.

str. 3 - seznam zkratk obsahuje Boltzmannovu konstantu ve tvaru bez experimentální chyby (včetně neplatných cifer). Zkratka SEA znamená Surface Energy Analyzer, nikoliv Surface Measurement Systems - to je výrobce přístroje.

str. 8 - rovnice pro vybíjení olověného akumulátoru je uvedena chybně - místo  $Pb_2$  má být  $Pb_2O$ .

str. 11<sup>9</sup> - plocha palivového článku není správný termín, jedná se o aktivní plochu membrány.

str. 11 - obrázek 5 - obrázek není srozumitelný. Proč jsou elektrické motory uvedeny dvakrát? Proč je svislá osa označena v angličtině a horizontální osa v češtině? Není vysvětlena zkratka pro *lower heating value*.

str. 13 - tabulka 1 - výraz iontoměničná membrána působí zmatečně. Ve zbytku textu je použito označení iontově vodivá membrána.

str. 15 - obrázek 7 - v obrázku jsou vyneseny dvě křivky. Jaký je mezi nimi rozdíl?

str. 19 - druhý odstavec zdola - v této části textu je vypočítána tloušťka katalytické vrstvy s ohledem na množství platiny. Chybí citace, která by výpočet popisovala. Případně chybí postup výpočtu, který se tak stává nereprodukovatelným.

str. 21<sup>11</sup> - věta "Materiál musí být korozivzdorný a navíc zvyšují kontaktním odporem napětí článku." nedává smysl. Kontaktní odpor by elektrické napětí palivového článku snížil (viz ohmické ztráty u polarizační křivky).

str. 22 - první odstavec zdola - chybí citace dokládající parametry automobilu.

str. 24 - obrázek 19 - části textu nejsou čitelné.

str. 32 - obrázek 28 znázorňuje závislost objemu pórů na průměru pórů při různém obsahu PTFE. Přesto je obrázek označen jako vliv teflonu na výkon palivového článku. Dále je graf špatně interpretován i v odstavci pod obrázkem.

str. 43 - v rovnici pro určení specifického povrchu BET není vysvětlena veličina  $p_{rel}$ , což vede čtenáře k nutnosti dohledání příslušného tvaru rovnice (navíc je třeba rozeznávat relativní tlak použitý v rovnici od parciálního tlaku a tlaku nasycených par daného rozpouštědla).

str. 47<sub>9</sub> - přímková část Nyquistova grafu popisuje difúzi v materiálu, nikoliv kapacitní charakter.

str. 53<sub>5</sub> - v tomto měření byl základ polymerní membrány polyvinylalkohol, nikoliv Nafion. Dopována byla oxidem křemičitým, nikoliv oxidem siřičitým. K tomuto účelu byl použit tetraethylorthosilikát, nikoliv tetramethylorthosilikát.

str. 57<sub>2</sub> - opět se nejednalo o membránu typu Nafion, ale o membránu tvořenou polyvinylalkoholem.

str. 64<sup>1</sup> - Nafion je membrána perfluorovaná, nikoliv perforovaná.

str. 75<sub>8</sub> - odkaz na obrázek 87 je špatně. Má být odkázáno na obrázek 85.

str. 75<sub>10</sub> - autor formulací "sběr elektrického potenciálu" zjevně míní sběr elektrického proudu.

str. 75 - interpretace vodivosti difúzních vrstev je velmi netradiční. Cílem bylo porovnání vlastnosti difúzní vrstvy po dlouhodobé činnosti, nikoliv v reálné podobě po vložení do článku.

str. 78<sub>2</sub> - odkaz na obrázek 88 je špatně, myšlen je obrázek 87.

str. 79 - obrázek 91 a 92 - pravá svislá osa popisuje nereálné hodnoty.

str. 80 - obrázek 93 až 95 - pravá svislá osa popisuje nereálné hodnoty.

str. 85 - v předposledním a posledním odstavci je uvedena PSFA membrána. Měřena však byla PVA membrána. Totéž je zaměněno na str. 86<sup>8</sup>.

Seznam literatury obsahuje použité zdroje. Citační norma je použita svérázným způsobem, kdy obsahem citace je internetový odkaz na stránky časopisu, přičemž papírová verze publikace je ignorována. Poněkud nečekaně obsahuje kapitola Přílohy (uvedená i v obsahu práce) pouze text "Volitelně se zde mohou nacházet přílohy".

Vzhledem ke kvalitě dosažených výsledků doporučuji práci k obhajobě a navrhuji ji ohodnotit známkou

**velmi dobře**

V Plzni dne 3.8. 2015



PhDr. Martin Tomáš, Ph.D.  
vedoucí diplomové práce