

Hodnocení bakalářské práce Jana Soukupa

Impedanční spektra kompozitních polymerních membrán

Předložená bakalářská práce se zabývá elektrickými vlastnostmi polymerních membrán syntetizovaných z více složek. Práce obsahuje stručný popis syntézy, experimentální metody a způsobu vyhodnocení souborů dat. Z elektrických veličin je určen difúzní koeficient charakterizující transport hmoty materiálem. Metoda tedy umožňuje zjištění vlastností vzorků pomocí měření, které je oproti přímé charakterizaci materiálu (např. rtuťová porozimetrie) časově i finančně výhodnější.

V úvodní kapitole je diskutován současný stav vodíkových technologií a perspektivy vývoje palivových článků s polymerní membránou. Je popsána aktuální situace v oblasti energetiky a možnosti zapojení vodíkových technologií do elektrické rozvodné sítě. Uvedeny jsou i některé zajímavé aplikace. Autor racionálně uvažuje bezemisní provoz palivových článků v souvislosti s náročnou výrobou těchto zařízení.

Druhá kapitola se zabývá principem vodíkových a metanolových palivových článků. Autor se nevyhnul některým formulacím, které by bylo vhodné použít spíše v publikaci popularizačního zaměření. Z odborného hlediska je ovšem problematika zpracována správně. Kapitola by bylo vhodné rozšířit o další typy palivových článků (SOFC, MCFC). Oceňuji citlivý přístup autora k anglickým termínům a jejich překladu do češtiny.

Třetí kapitola obsahuje popis komponent palivového článku. Kromě polymerní membrány jsou popsány katalytické vrstvy, difúzní vrstvy a bipolární desky. Trochu nepřehledně je popsán transport reaktantů a produktů na straně 12. Na stejné straně je odkaz na Obrázek 4, kde má být zobrazeno oddělení oxidační a redukční části palivového článku. Na tomto obrázku je ovšem zobrazena pouze katodická část článku. Namísto *pórovitý materiál* by bylo vhodnější psát o porézním materiálu. Na straně 15 popisuje autor *průchod proudem* mezi jednotlivými palivovými články. Právě v souvislosti s bipolárními deskami by bylo vhodné striktně rozlišovat elektrický proud a transport hmoty, protože bipolární deska zajišťuje obě tyto funkce.

Čtvrtá kapitola je zaměřena pouze na konkrétní typy polymerních membrán používaných v palivových člancích. Názorně je vysvětlen princip iontové vodivosti. Rámcově je diskutováno chemické složení membrán a jejich syntéza. Pro chemické vzorce by bylo vhodné využití jednotného stylu (software typu ChemDraw). U jednotlivých membrán jsou diskutovány jejich nevýhody. Kapitola je zaměřena na membrány typu Nafion, PBI a PVA. Na straně 23 je stručně uveden způsob degradace PBI průchodem metanolu. Tuto problematiku by bylo vhodné zpracovat podrobněji. V případě modifikace Nafionu anorganickými plnivými je široce diskutováno využití fosforečnanu titanu, fosforečnanu zirkonu a oxidu křemičitého. Na straně 26 (sekce 4.2.2) jsou plošné jednotky psány nejednotnou formou. Autor se v této sekci též odkazuje na data, která nejsou v práci uvedena a která čtenář musí dohledat v primárním zdroji.

Pátá kapitola popisuje kompozitní membrány na bázi PVA. Podrobně je rozebrána charakterizace PVA membrán síťovaných kyselinou sulfojantarovou (SSA). Dalším

kompozitem je pak PVA membrána síťovaná tetraethylorthosilikátem (TEOS). V textu není uveden odkaz na Graf 8.

Šestá kapitola se věnuje elektrochemické impedanční spektroskopii (EIS) a začíná rozsáhlou citací z internetového zdroje. Následuje sekce zaměřená na určení iontové vodivosti z impedančního spektra. Poté jsou stručně představeny závěry Macdonaldova modelu. Vztahy v kapitole nejsou odvozovány, ale jsou využity příslušné primární zdroje. Vztahy jsou zapsány v jiném fontu, než je zbytek textu. Kapitola dále obsahuje popis ekvivalentních okruhů a jednotlivých elementů využívaných pro numerickou simulaci. Je popsán i Warburgův element, který je využit pro výpočet difúzního koeficientu volné částice v materiálu. Dále je popsáno statistické hodnocení kvality numerické simulace - chi kvadrát a součet reziduálních čtverců.

Šedmá kapitola popisuje experimentální část práce. V úvodu je popsána syntéza PVA membrán a tvorba kompozitů. Na straně 47 je v tabulce uváděna desetinná tečka i čárka, což je nekonzistentní přístup. Kapitola obsahuje několik typických průběhů naměřených dat, které jsou proloženy ekvivalentním okruhem. Měření bylo realizováno pro dva stavy membrány - suchý a vlhký (vzorek ponořený po dobu 10 sekund do vody). Výsledky jsou diskutovány v jedné z podkapitol. Kromě kvality fitu jsou popsány i možné zdroje chyb. Jeden ze vzorků vykazoval anomální chování, což autor obhajuje nevhodně zvoleným ekvivalentním okruhem. Výsledky numerické simulace jsou však ve shodě s hodnotami publikovanými v odborné literatuře.

K podpoře svých tvrzení využil autor články ve vysoce prestižních časopisech typu Journal of Power Sources či Journal of Electrochemical Society. Autor se pokusil o lehký styl, kterým by neznalému čtenáři přiblížil problematiku. Některé kapitoly a některá tvrzení jsou tak spíše vhodná do popularizační publikace. Výhrady mám také k použité interpunkci. Z typografického hlediska se autor nevyhnul několika prohřeškům. Celkově však práce splňuje požadavky na bakalářskou práci.

Během obhajoby bakalářské práce by měl autor komentovat či vysvětlit následující téma:

1) Můžete stručně popsat difúzní koeficient? Jaké modely jsou používány pro transportní jevy v polymerních membránách.

Vzhledem ke kvalitnímu zpracování složité problematiky a provedení numerických simulací **doporučuji** práci k obhajobě a navrhuji hodnocení **velmi dobře**.

V Plzni dne 14.5.2018

Martin Tomáš