

**Oponentní posudek doktorské disertační práce Ing. Miroslavy Edelmannové  
„Faktory ovlivňující fotokatalytické vlastnosti materiálů na bázi TiO<sub>2</sub> v environmentálně  
významných reakcích“**

Disertační práce Ing. Miroslavy Edelmannové se zabývá podrobným studiem vlastností fotokatalyzátorů na bázi TiO<sub>2</sub> a jejich vhodností pro důležité reakce environmentálního charakteru, jako je redukce oxidu uhličitého a rozklad methanolu. Použití fotokatalyzátorů je jednou z možností, jak přispět k řešení klimatických změn snížením koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu, případně získat palivo (vodík) z methanolu, který může být snadno dostupný z různých udržitelných zdrojů (biomasa nebo voda).

Disertační práce je sepsána formou komentování 15 publikací. Doktorandka pro ně zajistila fotokatalytické experimenty, pro některé z nich připravila sadu fotokatalyzátorů ve formě prášků, nebo imobilizované na keramickou pěnu, provedla fotoelektrochemická měření výstupní práce elektronů, a korelovala získaná data fotokatalytické aktivity katalyzátorů s jejich fyzikálně chemickými vlastnostmi. Práce má široký záběr, obsahuje data získaná s šesti sadami modifikovaných katalyzátorů určených pro redukci CO<sub>2</sub> a se čtyřmi sadami fotokatalyzátorů určenými pro rozklad methanolu. Při redukci CO<sub>2</sub> byly hlavními produkty methan, oxid uhelnatý a vodík, při rozkladu methanolu byl hlavním produktem vodík.

Pro jednotlivé sady katalyzátorů byly nalezeny základní faktory ovlivňující účinnost při fotokatalýze. Např. při redukci CO<sub>2</sub> v přítomnosti byl u systému Zr<sub>x</sub>Ti<sub>x-1</sub>O<sub>n</sub> zjištěna nejvyšší aktivita pro systém Zr<sub>0,1</sub>Ti<sub>0,9</sub>O<sub>n</sub> kvůli optimální krystalinitě a nejmenší energii zakázaného pásu. U systému N/TiO<sub>2</sub> nebylo shledáno zvýšení aktivity proti aktivitě TiO<sub>2</sub>. Pouze dopování TiO<sub>2</sub> 1,5 % platiny významně zvýšilo fotoaktivitu při redukci CO<sub>2</sub>. Přítomnost mědi v TiO<sub>2</sub> snižovala zřejmě produkci vodíku, která je nezbytná pro redukci CO<sub>2</sub>, a proto se fotoaktivita těchto katalyzátorů s rostoucí koncentrací mědi snižovala. Přídavek vodíku do reakční směsi vedl k nejvyšší aktivitě katalyzátoru s 5 % hm. CuO/TiO<sub>2</sub>, byla-li reakce prováděna v kapalně fázi. V plynné fázi bylo vyprodukováno největší množství CH<sub>4</sub> a CO na samotném TiO<sub>2</sub>. Fotokatalytická aktivita Pt/C-TiO<sub>2</sub> se zvyšovala s rostoucím obsahem Pt až do koncentrace 1 %hm.

V případě rozkladu methanolu byly testovány katalyzátory TiO<sub>2</sub> modifikované La, Nd a F-La. Modifikace TiO<sub>2</sub> lanthanem vedla téměř k dvojnásobnému množství vygenerovaného vodíku. Aktivita se zvyšovala se zvyšující fotoproudovou odezvou a snižujícím se množstvím mřížkového a povrchového kyslíku. Rovněž dopování TiO<sub>2</sub> neodymem (1 %hm.) vedlo při rozkladu methanolu k vyšší účinnosti. Positivní role dopování TiO<sub>2</sub> neodymem byla prokázána i u katalyzátorů připravených sol-gel metodou. Dopování lanthanem a fluorem vedlo k nejvyšším výtěžkům vodíku (2,75x vyšším než u neaktivnějšího katalyzátoru La/TiO<sub>2</sub>). S rostoucím množstvím vakancí kyslíku a snižujícím se povrchovým kyslíkem rostly výtěžky vodíku.

Je škoda, že porovnání účinnosti všech sad fotokatalyzátorů mezi sebou nebylo možné z důvodu ne zcela totožných podmínek reakce a použitých experimentálních reaktorů. Nicméně na základě získaných výsledků je prokázáno, že fotoaktivita katalyzátorů roste s jejich rostoucím měrným povrchem. Pro redukci CO<sub>2</sub> se jako perspektivní jeví katalyzátory bifázové deponované na keramickém nosiči (pěně) a pro rozklad methanolu katalyzátory TiO<sub>2</sub> modifikované kombinací kov-nekov.

K práci mám jen několik dotazů, případně poznámek:


1. Zajímalo by mne, na základě jakých představ byly vybírány komponenty modifikující TiO<sub>2</sub>.
2. Jak byl připravován nosič C-TiO<sub>2</sub>?
3. Při studiu fotokatalytické redukce CO<sub>2</sub> bylo použito několik typů reaktorů a reakčních podmínek. Dá se říci, který reaktor je pro reakce redukce CO<sub>2</sub> a rozklad methanolu nejvýhodnější?
4. Probublávané reaktory jsou náročné na zajištění optimálních podmínek pro provedení reakce (intenzita míchání, velikost bublin atd.). Byly zkoumány podmínky základních operací a zajištěno jejich reprodukovatelné nastavení? Bylo míchání reakční směsi magnetickým míchadlem dostatečné? Byla prověřena závislost na počtu otáček? Nedochovalo k tvorbě vírů?
5. Práškové katalyzátory mají některé nevýhody, zejména je problém s jejich oddělováním z reakční směsi. Nanesení práškového materiálu na tuhy tvarovaný nosič tuto nevýhodu odstraňuje. Při použití keramické pěny jako nosiče musí být část katalyzátoru skryta před ozařováním Hg výbojkou. Má doktorandka představu, jaký díl záření zůstal nevyužit a jak by se dal tento podíl zjistit?
6. Lze určit, v jakých mezích se pohybovaly konverze výchozích reaktantů v přítomnosti různých fotokatalyzátorů?
7. Proč byl jako základní zdroj záření při rozkladu methanolu zvolen 8 W Hg UVA lampa (a ne UVC)?
8. Jaká je energetická náročnost zkoumaných katalytických reakcí?
9. Na str. 21 se porovnávají vlastnosti sad Zr<sub>x</sub>Ti<sub>x-1</sub>O<sub>n</sub> a N/TiO<sub>2</sub> katalyzátorů. V textu je však srovnáván katalyzátor Zr<sub>x</sub>Ti<sub>x-1</sub>O<sub>n</sub> s katalyzátorem TiO<sub>2</sub>-SG-C (viz text + obr. 8, u kterého neodpovídá popis).
10. Je správná formulace (str. 4): fotoadsorpce (fotodesorpce) reaktantů na povrchu pórů?
11. Rovnice 17 (str.11) a 18 (str. 12) asi nejsou správné.

Disertace je napsána přehledně, velmi úsporně, v logickém sledu, a jsou v ní zachyceny všechny získané důležité poznatky. Disertační práce má jen velmi malý počet formálních nedostatků.

Doktorandka ing. M. Edelmannová v předkládané disertační práci prokázala schopnost třídit literární poznatky, provést potřebné experimenty, výsledky zpracovat, vyhodnotit a diskutovat.

Na základě celkového hodnocení disertační práci ing. Miroslavy Edelmannové **doporučuji** k obhajobě.

V Praze dne 27. 11. 2019

  
Ing. K. Jirátová CSc.  
ÚCHP AV ČR, v.v.i.  
Praha 6 - Suchbátka