

Kompozitní uhlíkatý aerogel – fotokatalyzátor, adsorbent nebo obojí?

Monika Motlochová,
Jan Šubrt, Václav Slovák

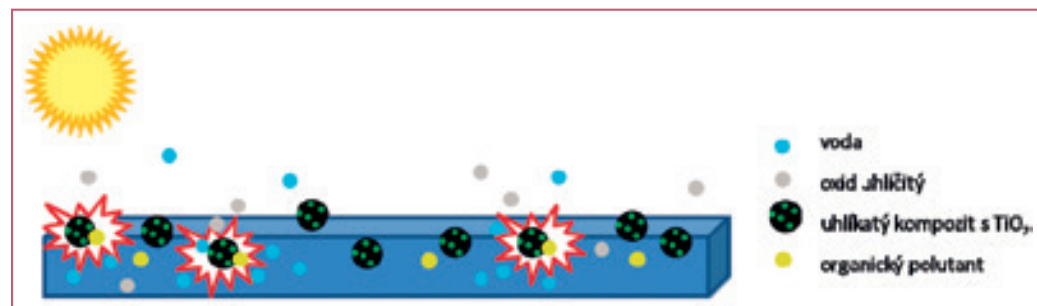
Vysoký měrný povrch, rozvinutá porézní struktura a nízká hustota. Všechny tyto vlastnosti spojuje jedno – uhlíkatý aerogel. Materiál, jehož objem v pevné

chových vod kontaminovaných nepolárními organickými škodlivinami a schopnost plovat je pro něj klíčová. Převažuje snaha o zakomponování specifické adsorpční funkce s vysokou afinitou k nepolárním látkám. Po dosažení těchto vlastností (plování, fotokatalýza, adsorpce) je

k přechodu amorfni struktury na krystalickou, která je vysoce fotokatalyticky aktivní. S ohledem na požadované vlastnosti aerogelu je třeba v jednotlivých stupních přípravy dbát na pečlivou volbu parametrů a podmínek. V závislosti na zvolených podmínkách jsou získány kompozity o velikosti vnitřního povrchu 700–1000 m²g⁻¹, což se přibližně rovná ploše celého fotbalového hřiště.

Takto připravený plovoucí kompozitní uhlíkatý aerogel, který je výborným adsorbentem a zároveň oplývá fotokatalytic

kou funkcí, je možno použít k opakovanému čištění přírodních vod znečištěných organickými škodlivinami a zabránit tak jejich koloběhu v životním prostředí.



Obrázek 1. Organické polutanty rozpuštěné ve vodě se sorbentem zkoncentrují a následně účinněji fotokatalyzátorem odbourají na oxid uhličitý a vodu.

strukturu tvoří až 95% vzduchu. Na základě kontrolovatelných vlastností (povrch, hustota, struktura) je možné jej využít jako adsorbentu a zároveň nosiče fotokatalyzátoru, v našem případě oxidu titaničitého, TiO₂. TiO₂ je prášek chemicky a barevně stálý, levný, netoxický a schopný rozptylovat světlo. Setkáváme se s ním v každodenním světě, používá se jako pigment (titanová běloba) do nátěrových hmot nebo jako barvivo v potravinářství a v papírenském průmyslu. Jeho nejčastější použití je ale na poli fotokatalýzy (více informací v rámečku).

Cílem našeho současného výzkumu je nový plovoucí fotokatalyzátor se synergickou adsorpční funkcí. Ten je určen pro solární fotokatalytickou detoxikaci povr-

šedpředpokládán synergický efekt, kdy se nepolární sloučeniny rozpuštěné ve vodě u hladiny nejprve sorbentem zkoncentrují a následně účinně fotokatalyzátorem odbourají vlivem slunečního záření (Obr. 1).

Příprava takového materiálu zahrnuje sol-gel polykondenzaci organických látek, v našem případě se jedná o resorcinol a formaldehyd, v přítomnosti katalyzátoru za vzniku organického gelu. Následuje proces sušení, jehož výsledkem je organický aerogel, který pyrolýzou přechází na uhlíkatou formu s vysokým vnitřním povrchem. Takto připravený uhlíkatý materiál je ponořen do roztoku kanárkově žlutého peroxotitaničitanu a poté znovu vyžehán na teplotu, při které dochází

Na jakém principu fotokatalýza funguje?

Na povrch fotokatalyzátoru dopadá ultrafialové záření, které je součástí slunečního světla. Na povrchu fotokatalyzátoru vznikají dvojice kladných a záporných nábojů, které reagují s molekulami kyslíku a vody z ovzduší a na povrchu katalyzátoru vznikají vysoce reaktivní hydroxylové a peroxidové radikály. Tyto částice útočí na organické látky z okolního vzduchu nebo vody a v ideálním případě je rozloží na vodu a oxid uhličitý.

Monika Motlochová pracuje v ÚACH od roku 2014 v oddělení Centrum instrumentálních technik (CIT). Ve stejném roce nastoupila na doktorské studium na Katedře chemie PŘF Ostravské univerzity. Věnuje se studiu termických rozkladů TiO₂ a jejich syntéze. Následující odborníci jsou jejími školiteli na doktorské práci.

Jan Šubrt je vedoucím oddělení CIT ÚACH. Zabývá se aplikací oxidu titaničitého jako fotokatalyzátoru pro čištění vody a vzduchu. Je uznávaným odborníkem na SEM mikroskopii.

Václav Slovák pracuje na Katedře chemie Ostravské univerzity, kde se specializuje na problematiku uhlíkatých adsorbentů a jejich termickým rozkladům.

Přímá delaminace grafitové rudy na kvalitní grafen

Petra Ecorchard

Grafen je v posledních několika letech atraktivním materiálem s vysokým potenciálem využití pro svoje vlastnosti (elektrické, mechanické i termální). Existuje několik již

a Ricarda K. Donata (MackGrappe, Mackenzie Presbyterian University, Brasil).

Nicméně nepřečištěná grafitová ruda obsahuje mnoho dalších složek, ať už nerozpustných či rozpustných v běžných organických rozpouštědlech a vodě. Z tohoto důvo-

velmi přilnavý a velmi snadno vytváří shluky. Imidazoliový kationt iontové kapaliny tomuto procesu účinně brání a prostřednictvím π-π interakcí grafenové vrstvy stabilizuje. Efektivnost exfoliace je zaručena použitím intenzivního kavitačního pole a vysokého tlaku. Ukázalo se, že díky přítomnosti iontové kapaliny lze výrazně zkrátit dobu delaminace a tím získat kvalitní grafen či několika-vrstevnatý materiál s minimálním počtem defektů.

Takto připravená suspenze grafen / iontové kapalina je vhodná jako plnivo do polymerní matrice či na přípravu kompozitních materiálů se zajímavými bariérovými vlastnostmi. Využití je přímo závislé na typu iontové kapaliny, kterou lze cíleně zvolit popř. modifikovat, tak aby byla vhodná pro konkrétní polymerní matrici.

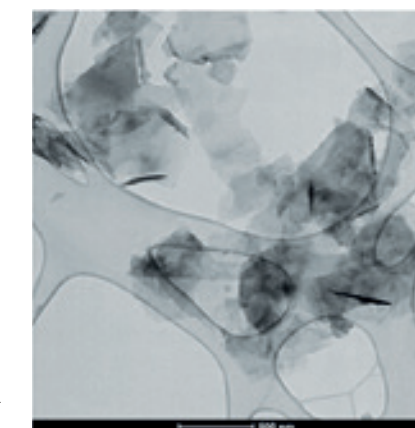


Schématické znázornění delaminačního procesu grafitové rudy a získané grafenové suspenze, A) před aplikací ultrazvuku, B) po aplikaci ultrazvuku v H₂O/CH₂Cl₂ systému, C) po aplikaci ultrazvuku v H₂O/CH₃(CH₂)₇OH systému

zavedených technik přípravy, jako jsou např. mechanická exfoliace, chemická oxidace/redukce, rozbalení multivalentních uhlíkových nanotrubeček, chemická depozice z plynné fáze, syntéza v plynné fázi atd. Z velké většiny se vychází z grafitového prášku, který je nutné buďto uměle vyrobit (tzv. syntetický grafit) nebo získat vytěžením a přečištěním grafitové rudy (tzv. přírodní grafit). Myšlenka, že by se grafen mohl připravit jednoduše přímo ze samotné grafitové rudy, svedla ke spolupráci tří vědce ze třech pracovních skupin: Petru Ecorchard (ÚACH AV ČR, v. v. i.), Hynka Beneše (ÚMCH AV ČR, v. v. i.)

du bylo třeba vyvinout jednoduchou metodiku, při které by se z levné grafitové rudy získal grafen ve vysokém výtěžku a kvalitě.

Spolupráce vedla k vyvinutí metody přípravy grafenu delaminací grafitové rudy na rozhraní dvou nemísitelných kapalin. Vodorozpustné příměsi se tak efektivně rozpouštějí/separují do vody a na mezifázovém rozhraní s organickou fází (např. dichlormetanem nebo oktánolem) vzniká čistý grafen. Celá metoda je výrazně efektivnější za použití imidazoliových iontových kapalin. Grafen je totiž jednovrstevný materiál, který je



TEM obrázek po delaminaci grafitové rudy v H₂O/CH₂Cl₂ systému s iontovou kapalinou

Petra Ecorchard je absolventkou Univerzity Pardubice, kde obhájila svůj doktorát v oboru Obecná a Anorganická Chemie. Během svého doktorského studia byla na roční stáži na univerzitě v Německu, kde pár let působila po jeho dokončení. Po následném pobytu ve Francii nastoupila v roce 2013 do ÚACH, kde se v týmu Mgr. Václava Štengla, DSc. začala zabývat grafenem a jeho aplikacemi.

GRAFEN je jednovrstevný materiál, tvořený 2D sítí šestičlenných uhlíkových kruhů s sp² hybridizací, kde tři ze čtyř vnějších elektronů tvoří vazbu s okolními atomy uhlíku. Poslední čtvrtý volný elektron umožňuje vést elektrickou energii či teplo. Tento materiál je lehký, velmi pevný ve směru vrstvy, propustnější než sklo a ohebný. Grafen by mohl být nadějnou náhradou křemíku díky jeho výrazně lepší vodivosti. Klíčové pro tuto náhradu je levná produkce ve větším měřítku. Ač exfoliace grafitu se jeví spíše vhodná pouze pro menší měřítko, mohla by získat na významu, pokud by se ukázalo, že zvolením levného zdroje a jednoduché metodiky lze dosáhnout vysokého výtěžku kvalitního grafenu.