

# VLIV NANOČÁSTIC $\text{TiO}_2$ A $\text{ZnO}$ NA FOTOKATALYTICKÉ A ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚČINKY SILIKÁTOVÝCH NÁTĚRŮ

LIBUŠE HOCHMANNOVÁ<sup>a</sup>  
a JARMILA VYTRÁSOVÁ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Synpo, akciová společnost, S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice, <sup>b</sup> Univerzita Pardubice, FCHT, Katedra biologických a biochemických věd, Studentská 95, 532 10 Pardubice  
libuse.hochmannova@synpo.cz,  
Jarmila.Vytrasova@upce.cz

Došlo 30.9.09, přepracováno 23.11.09, přijato 4.2.10.

Klíčová slova: nanočástice, fotokatalytický efekt, oxid titaničitý, oxid zinečnatý, antimikrobiální silikátové nátěry, bakterie, plísně

## Úvod

Antimikrobiální nátěry by měly snížit riziko šíření infekcí ve zdravotnických zařízeních, ale i v dalších objektech navštěvovaných veřejností a měly by být účinné po dobu několika let<sup>1,2</sup>. První zmínky o jejich účelnosti se objevily asi před 15 lety. Aditiva s antimikrobiálním účinkem jsou např. organické biocidy, koloidní částice nebo nanočástice stříbra, organické polymery s reaktivními antibakteriálními skupinami a také fotokatalytické oxidy, zejména oxid titaničitý a oxid zinečnatý.

Anatasová forma oxidu titaničitého a oxid zinečnatý jsou fotoaktivní polovodiče a jsou si svými fotokatalytickými vlastnostmi dosti podobné. Nanokrystaly  $\text{TiO}_2$  ve formě anatasu mají velikost částic v rozsahu od několika nm do 30 nm. Vlivem světla o vlnové délce kratší než 388 nm dochází k jejich aktivaci. Také  $\text{ZnO}$  pohlcuje UV záření, a to o vlnové délce kratší než 368 nm. Významnou podobností obou oxidů je vznik povrchově vázaných hydroxylových radikálů<sup>3,4</sup>.

U nátěrů s obsahem nanočástic  $\text{TiO}_2$  ve formě anatasu nebo  $\text{ZnO}$  je možné pozorovat samočisticí efekt. Fotokatalytický účinek obou oxidů je ovlivněn velikostí a tvarem částic a měrným povrchem. Nanočástice  $\text{TiO}_2$  jsou chemicky inertní, časově velmi stabilní a podle dosavadních poznatků netoxické pro člověka. Přítomnost oxidů kovů jako jsou  $\text{WO}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MoO}_2$ , nebo také  $\text{CdS}$  a dopování  $\text{TiO}_2$  dusíkem může výrazně ovlivnit průběh fotokatalýzy<sup>5,6</sup>. Atomy dusíku v nanočásticích  $\text{TiO}_2$  výrazně posouvají absorpci záření do spodní hranice viditelného světla<sup>7,8</sup>.

Fotokatalytické oxidy mohou být účinné proti mikroorganismům, ale také rozkládají organické polymery. Nej-

stálejší jsou proto silikátová pojiva a fluorované kopoly-mery. Používají se také silikonové oligomery a hybridní silikon-organické reaktivní polymery.

Nanočástice  $\text{ZnO}$  jsou dodávány v různé kvalitě, buď ve formě prášku o vysoké čistotě a často s povrchovou úpravou, nebo ve formě suspenzí ve vodě či organických rozpouštědlech. Velikost nanočástic  $\text{ZnO}$  je nejčastěji v rozmezí 10 až 90 nm. Jejich baktericidní účinky jsou podle literárních údajů založeny na průniku iontů přes stěny buněk mikroorganismů a narušení jejich látkové výměny. Ve vrchních nátěrech se využívají nanočástice  $\text{ZnO}$  také jako absorbéry UV záření. Doporučují se na biocidní nátěry stěn a střech jako ochrana před působením plísní a řas<sup>9–11</sup>.

Řada patentů uvádí použití nanočástic  $\text{ZnO}$  na fotokatalytické a antibakteriální nátěry na různé substráty. Např. jde o vnější samočisticí nátěrové hmoty formulované na bázi nanočástic  $\text{ZnO}$ , akrylátových disperzí a alkydů<sup>12</sup>. V dalším patentu jsou nanočástice  $\text{ZnO}$  kombinovány s ionty  $\text{Ag}$  a deriváty chitosanu v pojivových systémech alkydových, akrylátových, epoxidových i polyurethanových a nátěrové hmoty aplikovány na dřevo, plasty, ale i na lékařské přístroje a implantáty<sup>13</sup>. Biocidní nátěry na vnitřní i vnější stěny, stropy a střechy jsou formulovány na bázi nanočástic  $\text{Ag}$ ,  $\text{ZnO}$  a derivátů chitosanu a organických i anorganických pojiv<sup>14</sup>.

Cílem práce bylo připravit silikátové nátěrové hmoty, které by mohly najít uplatnění v nemocnicích a dalších zdravotnických zařízeních, v provozech potravinářského a farmaceutického průmyslu, případně i dalších objektech se zvýšenými požadavky na hygienu prostředí. V silikátových nátěrových hmotách byly použity nanočástice čtyř typů oxidů titaničitých a zinečnatých. Nátěry byly hodnoceny z hlediska jejich fotokatalytických a antimikrobiálních účinků.

## Experimentální část

Silikátové nátěrové hmoty byly formulovány na bázi draselného vodního skla, akrylátové disperze, pigmentů, plniv a nanočástic  $\text{TiO}_2$  a  $\text{ZnO}$ . Byly použity dva typy  $\text{TiO}_2$  a dva typy  $\text{ZnO}$ , od různých výrobců. Jejich charakteristické vlastnosti jsou uvedeny v tab. I. Obsah oxidů v sušině silikátových nátěrových hmot byl 14 obj. % pro  $\text{TiO}_2$  a 10 obj.% pro  $\text{ZnO}$ . Na základě výsledků získaných při hodnocení fotokatalytických a antimikrobiálních účinků těchto nátěrů byla dále připravena řada formulací silikátových nátěrových hmot, s různou objemovou koncentrací  $\text{ZnO}$  typ 2 (2,5 obj.% až 10 obj.%).

Hodnocení fotokatalytických účinků silikátových nátěrů

Nátěry v Petriho miskách byly přelity 0,0014% roztokem organického barviva Oranže II a byly umístěny ve vzdálenosti 29 cm od rtuťových výbojek, zdroje UV záření s vlnovou délkou v rozsahu 300–400 nm. Oxidačně-

Tabulka I

Charakteristické vlastnosti nanočástic fotokatalytických oxidů titaničitých a zinečnatých

| Fotokatalytické oxidy <sup>a</sup>                      | TiO <sub>2</sub> typ 1 | TiO <sub>2</sub> typ 2 | ZnO typ 1 | ZnO typ 2 |
|---------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| Krystalická forma                                       | anatás                 | anatás                 | zinkit    | zinkit    |
| Velikost krystalů, nm                                   | cca 21                 | 10–30                  | 100       | 25–35     |
| Specifický povrch – BET, m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> | cca 35–65              | 70–120                 | 20–25     | 30–40     |
| Obsah TiO <sub>2</sub> nebo ZnO, %                      | 99,5                   | 99                     | 99,5      | 99,5      |

<sup>a</sup> Vzhled: jemné bílé prášky

redukční reakce, probíhající na povrchu nanočástic TiO<sub>2</sub> a ZnO za přítomnosti vlhkosti a ozáření UV světlem, byly sledovány odbarvováním Oranže II. Absorbance roztoků byla měřena na přístroji SPEKOL 11 při vlnové délce 485 nm.

Stupeň degradace Oranže II byl vyjádřen změnou absorbance roztoku v závislosti na době expozice UV záření. Vedle nátěrů fotokatalyticky účinných byl vždy hodnocen kontrolní nátěr, připravený ze silikátové nátěrové hmoty bez testovaných oxidů.

Hodnocení antimikrobiální účinnosti silikátových nátěrů

Jako testovací mikroorganismy byly použity kultury ze sbírky Univerzity Pardubice. Z bakterií byly vybrány *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus* a z plísní *Aspergillus niger* a *Penicillium chrysogenum*.

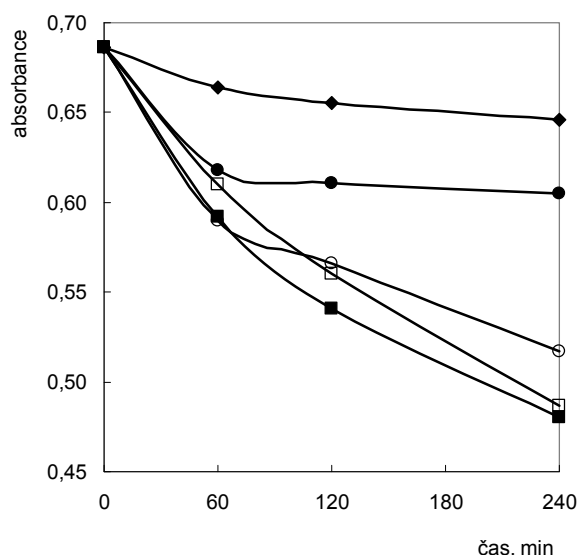
Ze sbírkových kultur bakterií byly připraveny 24h-kultury na živném agaru č. 2, inkubací při teplotě 37 °C. Dobře ospórované kultury plísní byly připraveny na šikmém agaru MALT inkubací při 24 °C po dobu 5 až 7 dní. Z těchto nárůstů pak byly vytvořeny suspenze kultur ve fyziologickém roztoku tak, aby každá suspenze obsahovala přibližně 10<sup>6</sup> buněk/ml, u plísní 10<sup>6</sup> spór/ml. Kontrola denzity buněk v suspenzích byla provedena vyočkováním 0,1 ml suspenze každého mikroorganismu na živný agar č. 2 a MALT. Testované nátěry, nanesené na filtrační papír s plošnou hmotou 84 g m<sup>-2</sup> (Grade 391), byly umístěny na Petriho misky s živným agarem č. 2 nebo MALT a inokulovány suspenzí testovacího mikroba. Po inkubaci při 37 °C a po 24 až 48 hodinách pro bakterie a po inkubaci při 24 až 25 °C a po 3 až 5 dnech pro plísně byly odečteny nárůsty mikrobů na povrchu nátěrů a posouzeny případné inhibiční zóny kolem nátěrů. Pro každé stanovení byly použity dvě Petriho misky.

Antimikrobiální účinky nátěrů ze silikátových nátěrových hmot byly také hodnoceny z hlediska statistické významnosti. Pro posouzení rozdílů mezi kontrolními nátěry a nátěry s antimikrobiální účinností byl použit Rank-sum test. U každého mikroorganismu byly porovnávány dvoji-

ce: kontrolní nátěr a nátěr ze silikátové nátěrové hmoty, která obsahovala 7,5 obj.% ZnO typ 2. Soubory, u kterých bylo provedeno statistické hodnocení, obsahovaly vždy 10 nátěrů hodnocených vedle sebe pro každý mikroorganismus.

## Výsledky a diskuse

Vliv typu nanočástic TiO<sub>2</sub> a ZnO v silikátových nátěrech na změnu absorbance roztoku Oranže II v průběhu 240 minut expozice UV záření je zřejmý z obr. 1. U nátěrů s oběma typy TiO<sub>2</sub> byly zjištěny významné změny absorbance roztoku Oranže II, které měly navíc podobný průběh.



Obr. 1. Závislost absorbance roztoku Oranže II na typu nanočástic fotokatalytických oxidů v silikátových nátěrech a na době expozice UV záření (300–400 nm); ♦ kontrolní nátěr, ■ nátěr s TiO<sub>2</sub> typ 1, □ nátěr s TiO<sub>2</sub> typ 2, ● nátěr se ZnO typ 1, ○ nátěr se ZnO typ 2

Tabulka II

Antimikrobiální účinky silikátových nátěrů – vliv typu nanočástic TiO<sub>2</sub> a ZnO na nárůst bakterií a plísní na ploše nátěru

| Silikátový nátěr s oxidem | Nárůst bakterií a plísní na ploše nátěru [%] |                               |                              |                          |                                |
|---------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|                           | <i>Escherichia coli</i>                      | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Penicillium chrysogenum</i> |
| Bez oxidu                 | 100                                          | 100                           | 100                          | 100                      | 100                            |
| TiO <sub>2</sub> typ 1    | 100                                          | 100                           | 100                          | 50                       | 100                            |
| TiO <sub>2</sub> typ 2    | 100                                          | 50                            | 100                          | 100                      | 100                            |
| ZnO typ 1                 | 0                                            | 0                             | 0                            | 50                       | 0                              |
| ZnO typ 2                 | 0                                            | 0                             | 0                            | 50                       | 0                              |

Pozvolnější změna, a to především po 60 min expozice, byla zjištěna u nátěrů, které obsahovaly nanočástice ZnO typ 1. U nátěrů na bázi oxidu ZnO typ 2 byl naměřen v celém průběhu expozice UV záření větší pokles absorbance než u nátěrů ze ZnO typ 1. Změna absorbance roztoku Oranž II u kontrolního nátěru byla v porovnání s nátěry s oxidy velmi malá.

Antimikrobiální účinky silikátových nátěrů, obsahujících čtyři typy oxidů titaničitých a zinečnatých na vybrané druhy bakterií a plísní jsou uvedeny v tab. II spolu s antimikrobiální účinností kontrolního nátěru, který testované oxidy neobsahoval. Ty se u silikátových nátěrů obsahujících TiO<sub>2</sub> většinou neprojevovaly vůbec nebo jen částečně. TiO<sub>2</sub> typ 1 částečně inhiboval růst plísně *Aspergillus niger*, TiO<sub>2</sub> typ 2 částečně inhiboval růst bakterie *Pseudomonas aeruginosa*. Antimikrobiální účinnost silikátových nátěrů s TiO<sub>2</sub> tak není ve shodě s výsledky hodnocení fotokatalytických účinků oxidu. Je zřejmé, že významný fotokatalytický účinek nátěrů nemusí vždy znamenat významný antimikrobiální efekt. Je pravděpodobné, že v jiných typech nátěrů se může antimikrobiální účinek těchto oxidů projevit. Velkou roli hraje zřejmě pojivový systém, celková objemová koncentrace nátěrové hmoty, obsah oxidu a jeho rozptýlení v nátěru, typ a obsah ostatních pigmentů, plniv a aditiv a také morfologie povrchu nátěru a jeho nasákavost. Důležitý je i způsob dispergace nátěrové hmoty, pořadí dávkování jednotlivých složek a obvodová rychlost míchadla.

Podstatně lepší antimikrobiální účinky byly zjištěny u silikátových nátěrů s přídavkem obou oxidů zinečnatých. Tyto nátěry zcela inhibovaly růst všech tří testovaných bakterií a rovněž plísně *Penicillium chrysogenum*. Částečně byla inhibována i plíseň *Aspergillus niger*. V případě obou typů ZnO byla u bakterie *Staphylococcus aureus* kromě inhibice růstu na nátěru pozorována i několika milimetrová inhibiční halo zóna v okolí nátěru.

Na základě pozitivních výsledků fotokatalytické a antimikrobiální účinnosti nátěrů obsahujících ZnO typ 2 byla připravena série nátěrů s nižšími objemovými koncentracemi této účinné látky. Fotokatalytické účinky nátěrů obsahujících 2,5 obj.% až 10 obj.% ZnO typ 2 jsou uvedeny na obr. 2. Ze závislosti absorbance na době expozice UV záření je zřejmé, že jestliže byl v nátěru větší obsah ZnO typ 2, byla naměřena i větší změna absorbance roztoku Oranž II.

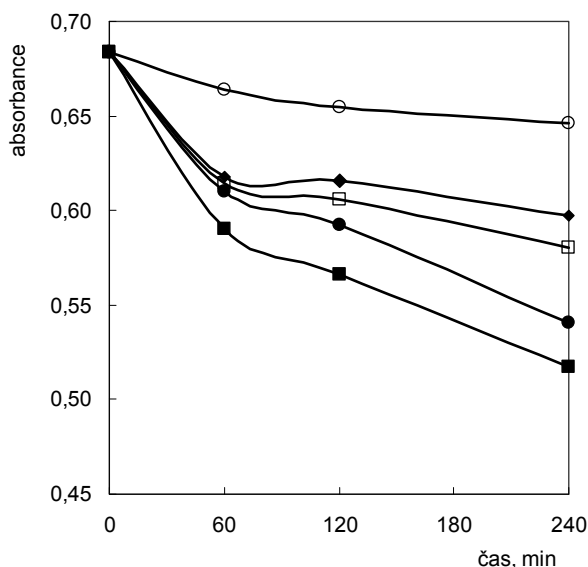
Antimikrobiální účinky silikátových nátěrů s různým obsahem ZnO typ 2 jsou uvedeny v tab. III. Již nejnižší použitá koncentrace ZnO typ 2 zcela inhibovala růst všech tří testovaných druhů bakterií. Opět byly pozorovány několika milimetrové inhibiční halo zóny kolem nátěrů v případě bakterie *Staphylococcus aureus*. Tyto výsledky jsou v souladu s poznatky Akiyamaya a spol.<sup>11</sup>, kteří zjistili, že 5 % ZnO v nátěrech úspěšně inhibuje růst bakterie *Staphylococcus aureus*<sup>11</sup>.

Vliv koncentrace ZnO typ 2 se projevil v inhibici růstu obou testovaných plísní (tab. III). Úplná inhibice

Tabulka III

Antimikrobiální účinky silikátových nátěrů – vliv objemové koncentrace ZnO typ 2 na nárůst bakterií a plísní na ploše nátěru

| Silikátový nátěr se ZnO typ 2 [obj.%] | Nárůst bakterií a plísní na ploše nátěru [%] |                               |                              |                          |                                |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
|                                       | <i>Escherichia coli</i>                      | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Aspergillus niger</i> | <i>Penicillium chrysogenum</i> |
| 0                                     | 100                                          | 100                           | 100                          | 100                      | 100                            |
| 2,5                                   | 0                                            | 0                             | 0                            | 50                       | 100                            |
| 5                                     | 0                                            | 0                             | 0                            | 0                        | 50                             |
| 7,5                                   | 0                                            | 0                             | 0                            | 0                        | 50                             |
| 10                                    | 0                                            | 0                             | 0                            | 50                       | 0                              |



Obr. 2. Závislost absorbance roztoku Oranže II na objemové koncentraci oxidu ZnO typ 2 v silikátových nátěrech a na době expozice UV záření (300–400 nm); ○ 0 % ZnO typ 2 - kontrolní nátěr, ◆ 2,5 % ZnO typ 2, □ 5 % ZnO typ 2, ● 7,5 % ZnO typ 2, ■ 10 % ZnO typ 2

plísň *Aspergillus niger* byla pozorována u nátěrů s 5 obj.% a 7,5 obj.% ZnO typ 2. V případě nejnižší a nejvyšší koncentrace byl zjištěn pouze částečný inhibiční účinek. Plíseň *Penicillium chrysogenum* byla zcela inhibována koncentrací 10 obj.%. Výsledek, kdy nejvyšší koncentrace neznamenal také nejvyšší inhibici růstu mikroorganismů, je v souladu se zkušenostmi získanými již dříve při hodnocení antimikrobiální účinnosti lazurovacích laků na dřevo. Kromě optimální koncentrace účinné látky je důležitá již výše zmíněná morfologie povrchu. Rozdíly v inhibici mikroorganismů u nátěrů se 7,5 % ZnO typ 2 a kontrolních nátěrů byly statisticky významné na 99% hladině významnosti.

Fotokatalytický účinek nátěrů z této silikátové nátěrové hmoty byl také hodnocen v průběhu jednoho roku stárnutí nátěrů při standardních laboratorních podmínkách a stálém osvětlení viditelným světlem. Nátěry byly fotokatalyticky aktivní i po 12 měsících. Také byla ověřena stabilita tekuté silikátové nátěrové hmoty obsahující 7,5 obj.% ZnO typ 2 při dlouhodobém skladování. Z viskozitních měření v průběhu 12 měsíců skladování při standardních laboratorních podmínkách vyplynulo, že ZnO typ 2 významně neovlivnil viskozitu této nátěrové hmoty. Silikátovou nátěrovou hmotu se 7,5 obj.% ZnO typ 2 je tedy možné skladovat bez problémů minimálně po dobu 12 měsíců a po její aplikaci mají nátěry stejný fotokatalytický efekt jako nátěry zhotovené krátce po přípravě silikátové nátěrové hmoty.

## Závěr

Z této studie vyplývá, že silikátové nátěry s oběma typy TiO<sub>2</sub> vykazují poněkud vyšší fotokatalytický účinek než nátěry se ZnO, především se ZnO typu 1. Silikátové nátěry s TiO<sub>2</sub> nevykazovaly antimikrobiální účinky nebo jen částečně. Podstatně lépe se jeví nátěry ze silikátových nátěrových hmot formulovaných na bázi obou typů oxidů zinečnatých. Ty zcela inhibovaly bakterie *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus* a částečně plísně *Aspergillus niger* a *Penicillium chrysogenum*, přičemž rozdíly v inhibici mezi silikátovými nátěry se 7,5 obj.% ZnO typ 2 a kontrolními nátěry byly statisticky významné.

Bylo zjištěno, že nanočástice oxidu ZnO typ 2 mají minimální vliv na skladovatelnost silikátových nátěrových hmot, a že jejich fotokatalytický účinek trvá minimálně po dobu 12 měsíců. Výsledky hodnocení silikátových nátěrových hmot na bázi čtyř různých typů TiO<sub>2</sub> a ZnO by tak mohly přispět k rozšíření poznatků o nátěrových hmotách používaných ve stavebnictví.

Vypracováno v rámci výzkumného projektu MPO FT-TA4/064 a výzkumného projektu MŠMT 0021627502.

## LITERATURA

- Richardson P.: Polym. Paint Colour J. 194, 30 (2004).
- Davidson K., Moyer B., Ramanathan K., Preuss A., Pomper B.: JCT Coat. Tech. 4, 56 (2007).
- Klusoň P., Kačer P.: Chem. Listy 94, 432 (2000).
- Veselý M., Dzink P., Veselá M., Chomoucká J., Chovancová J.: Chem. Listy 100, 700 (2006).
- Hashimoto K.: European Coatings Conference: Smart Coatings II, Berlin, 16-17 June 2003, 115. Hannover, Vincentz Network 2003.
- Maltby J., McIntyre R., Stratton J., Moussiopoulos N.: 5th European Congress on Construction Chemicals, Nürnberg, 27 April 2005, 49. Hannover, Vincentz Network 2005.
- Kühn K. P., Chaberny I.F., Massholder K., Stickler M., Benz V.W., Sonntag H.G., Erdinger L.: Chemosphere 53, 71 (2003).
- Book T.: 2nd Global Congress Dedicated to Hygienic Coatings and Surfaces, Orlando, Florida, 26-28 January 2004, paper No. 22. Teddington, PRA 2004.
- Brayner R., Ferrari-Illiou R., Brivois N., Djediat S., Benedetti M.F., Fiévet F.: Nano Lett. 6, 866 (2006).
- Qun Li, Shui-Lin Chen, Wan Chao Jiang: J. Appl. Polym. Sci. 103, 412 (2007).
- Akiyama H., Yamasaki O., Kanzaki H., Tada J., Arata J.: J. Dermatol. Sci. 17, 67 (1998).
- Tarn M.R. (Behr Process Co.): WO 2006/023064 A1 (CO9D 5/00).
- Schmid H. (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung E.V.): WO 2007025917 (A61K 9/51).

14. Knoll S., Schmid H. (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung E.V.): WO 2007025914 (C08K 3/08).

**L. Hochmannová<sup>a</sup> and J. Vytřasová<sup>b</sup>** (<sup>a</sup> SYNPO Co., Pardubice, <sup>b</sup> University of Pardubice): **Effect of TiO<sub>2</sub> and ZnO Nanoparticles on Photocatalytic and Antimicrobial Activities of Silicate Coatings**

Silicate paints containing photocatalytically active TiO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles were formulated. The photocatalytic efficiency of coatings was evaluated as a change in absorbance of Orange II solutions. The agar plate method was used for evaluation of antimicrobial properties

of coatings. The effectiveness of the coatings was demonstrated using *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* bacteria and *Aspergillus niger* and *Penicillium chrysogenum* fungi. A slightly better photocatalytic effect was found in the coatings containing TiO<sub>2</sub> nanoparticles than in those with ZnO. The antimicrobial activity of coatings containing nano-TiO<sub>2</sub> was negligible. The silicate coatings containing 7.5 vol.% of ZnO nanoparticles showed an excellent antimicrobial activity against all tested bacteria and fungi *Aspergillus niger*; they partly inhibited also the *Penicillium chrysogenum* growth. Statistically significant differences between the control coatings and those with ZnO nanoparticles were found using the Rank-sum test.

**Proděkan chemické sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze upozorňuje, že  
v akademickém roce 2011/12  
je možno studovat v následujících studijních programech/oborech  
v navazujícím magisterském studiu**

**Studijní program: Chemie**

Studijní obory:

**Analytická chemie**

**Anorganická chemie**

**Fyzikální chemie**

**Biofyzikální chemie**

**Jaderná chemie**

**Makromolekulární chemie**

**Organická chemie**

**Chemie životního prostředí**

**Modelování chemických vlastností nano- a biostruktur**

**Učitelství chemie a biologie pro SŠ**

**Učitelství chemie a matematiky (UK MFF) pro SŠ**

**Učitelství chemie jednooborové**

**Studijní program: Biochemie**

Studijní obor:

**Biochemie**

**Studijní program: Klinická a toxikologická analýza**

Studijní obor:

**Klinická a toxikologická analýza**

Příhlášky a podrobné informace lze získat na adrese: PŘF UK, studijní oddělení, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel: 221 951 155, 221 951 156. Příhlášky ke studiu se přijímají do 28. února 2011.

**Další informace naleznete na webových stránkách PŘF UK – [www.natur.cuni.cz](http://www.natur.cuni.cz)**