**Vodou ředitelné samosíťující polymerní disperze s biocidním účinkem**

**Waterborne self-crosslinking polymer dispersions with biocidal effect**

*Machotová J.1, Rückerová A.1, Kalendová A.1, Pejchalová M.2*

*1 Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek FCHT, Univerzita Pardubice*

*2 Katedra biologických a biochemických věd FCHT, Univerzita Pardubice*

**Summary**

The aim of the present work was the development of eco-friendly one-pack waterborne coating compositions based on acrylic latexes using keto-hydrazide self-crosslinking chemistry. The coating compositions contained ZnO nanoparticles (without any surface modification) which were incorporated into latex during the synthesis carried out by the semi-continuous emulsion polymerization technique. Methyl methacrylate, butyl acrylate and 2,2,2-trifluoroethyl methacrylate were used as the main monomers. The latex storage stability and coating performance were evaluated with respect to biocide effect and ZnO nanoparticles presence. It was found that the technique of ZnO nanoparticles incorporation in the course of emulsion polymerization provided stable self-crosslinking polymer dispersions exhibiting antimicrobial effect at a significantly low ZnO content. All the prepared polymer dispersions showed a long-term stability, flash rust resistance, chemical resistance, flexibility and transparency of coatings. Coatings containing 1.3−1.8 wt. % of ZnO nanoparticles exhibited an antimicrobial effect against the tested bacteria (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*). These polymer dispersions can find applications as waterborne binders of biocidal paints or transparent antibacterial varnishes for interior and exterior protection of various substrates, especially in public places like hospitals, medical centers, schools and hotels, where microbiological safety is needed.

**Keywords**

Emulsion polymerization, keto-hydrazide crosslinking, zinc oxide, nanoparticle, biocide

**Úvod**

Na vlastnosti nátěrových povlaků jsou kladeny čím dál větší nároky, přičemž vliv na životní prostředí, bezpečnost, zdravotní aspekty a snižování nákladů jsou hlavními prioritami. Vodou ředitelné koloidní polymerní disperze (tzv. latexy) vyráběné emulzní polymerací jsou ekologicky nezávadné a představují slibnou alternativu k rozpouštědlovým nátěrovým hmotám. Jejich syntéza je technologicky na velmi vysoké úrovni.

V současnosti jsou předmětem zvýšeného zájmu jednosložková reaktoplastická pojiva na bázi tzv. samosíťujících latexů [1−5]. Zavedením síťování lze úspěšně překonat nedostatky běžných vodných polymerních disperzí, jako jsou nízká odolnost vůči rozpouštědlům, lepivost povrchu při vyšších teplotách a křehkost při nízkých teplotách. Mechanismus síťování v případě samosíťujících latexů je nejčastěji založen na reakci karbonylové skupiny, která je součástí polymerních latexových částic, a diaminu, rozpuštěného ve vodné fázi latexu. Jako monomer nesoucí karbonylovou funkční skupinou je nejvíce používán diacetonakrylamid, zatímco diaminem je nejčastěji dihydrazid kyseliny adipové. Významnou předností tohoto tzv. keto-hydrazidového post-síťování je schopnost probíhat velmi rychle i při běžných teplotách. Tato síťující reakce je kysele katalyzovaná, tudíž probíhá ve významné míře až po vytěkání alkalizačních činidel přítomných v nátěrovém systému. Zároveň se jedná o dehydratační reakci, jejíž rovnováha je posunována směrem k výsledným produktům vlivem ztráty vody. Díky tomu je možné připravit stabilní jednosložkový nátěrový systém, kdy síťování začíná probíhat až po aplikaci nátěrového filmu vlivem vytěkání neutralizačních činidel a odpaření velké části vody.

Poptávka po antimikrobiálních nátěrových hmotách ve světě neustále roste. Očekává se významný růst spotřeby speciálních nátěrových hmot v nemocnicích, školách nebo v provozech vyrábějících léčiva a potraviny. Oxid zinečnatý v podobě nanočástic patří mezi sloučeniny, které jsou využívány také kvůli svým biocidním účinkům. Vzhledem k tomu, že zinek a jeho sloučeniny jsou charakterizovány jako nebezpečné závadné látky, vysoce toxické pro vodní prostředí, je velmi žádoucí snižovat jejich koncentraci při zachování požadovaných ochranných vlastností nátěrů. Příprava antimikrobiálních nátěrových hmot zpravidla spočívá v přídavku biocidní látky do polymerního pojiva až po dokončení po jeho syntézy [6,7]. V případě v případě laků na bázi vodou ředitelných polymerních disperzí a nanočástic oxidu zinečnatého může tento postup vést ke ztrátě transparentního charakteru nátěrů, zejména pokud je vyžadována větší tloušťka nátěrového filmu. Rovněž jsou pro zachování biocidního účinku používány značně vysoké koncentrace oxidu zinečnatého až 2,5 hm. % (vztaženo na celkovou hmotnost nátěrové hmoty), což představuje riziko ekologické zátěže v důsledku úniku zinku.

Cílem této práce bylo vytvořit ekologické jednosložkové vodou ředitelné reaktoplastické pojivo se sníženým obsahem oxidu zinečnatého, vyznačující se antibakteriálním účinkem, dlouhodobou skladovatelností, zvýšenou rychlostí zasychání, chemickou i mechanickou odolností, sníženým sklonem k bleskové korozi kovového podkladu, vysokým leskem a transparentností nátěrů.

**Popis experimentálních metod**

*Materiály*

Pro přípravu vodou ředitelných samosíťujících polymerních disperzí byly použity tyto monomery: *n*-butylakrylát (BA), kyselina methakrylová (KMA) a diacetonakrylamid (DAAM). Monomery byly zakoupeny od Sigma-Aldrich (ČR) stejně jako síťující činidlo − dihydrazid kyseliny adipové (ADH). Jako emulgátor byl použit Disponil FES 993 (BASF, ČR), jako iniciátor sloužil peroxodisíran amonný (Henkel, ČR). Jako biocidní látka byl použit nanostrukturní ZnO (Alfa Aesar, Německo).

*Syntéza a charakterizace samosíťujících polymerních disperzí*

Byly připraveny 3 řady samosíťujících disperzí core−shell polymerních částic na bázi MMA a BA jako hlavních monomerů, lišících se koncentrací TFEMA v obalové vrstvě polymerních částic a obsahem nanočástic ZnO ve vodné fázi. Detailní složení polymeračního systému, emulzních kopolymerů včetně obsahu ZnO ve vodné fázi je uvedeno v tabulkách 1 a 2. Z důvodu umožnění samosíťující reakce s ADH byly do polymerní struktury obalové vrstvy latexových částic zavedeny karbonylové skupiny pomocí kopolymerace komonomeru DAAM. Zastoupení monomerů bylo zvoleno tak, aby se teplota skelného přechodu všech výsledných kopolymerů pohybovala okolo 2 °C.

Technologický postup výroby samosíťujících vodných disperzí obsahujích core−shell polymerní částice a nanočástice ZnO byl následující. Do reakční nádoby byly postupně předloženy reakční složky podle receptury uvedené v tabulce 1. Nejprve byla do reakční nádoby předložena destilovaná voda, emulgátor a iniciátor. Po dosažení polymerační teploty 85 °C bylo ve třech krocích spuštěno přikapávání emulze monomerů (1. syntéza jádra latexových částic po dobu 60 min, 2. dopolymerace po dobu 15 min, 3. syntéza obalové vrstvy latexových částic po dobu 60 min). Nanočástice ZnO byly inkorporovány do vodné disperze ve fázi syntézy obalové vrstvy latexových částic tak, že nejprve byly dispergovány v destilované vodě obsahující emulgátor. Dispergace byla prováděna pomocí dispergátoru T18 digital ULTRA TURRAX (IKA Works, Německo) při 14 000 rpm po dobu minimálně 20 minut. Takto byla vytvořena vodná suspenze nanočástic ZnO, do níž byly přidány monomery určené pro utvoření obalu latexových částic. Mícháním vznikla monomerní emulze obsahující nanočástice ZnO, která byla dávkována do reakční nádoby. Po dokončení příkapu emulze monomerů obsahující nanočástice ZnO byl reakční systém ponechán dopolymerovat po dobu 120 minut. Obsah sušiny polymerních disperzí byl 40 hm. %. pH disperzí bylo upraveno na hodnotu 8,5 pomocí 10% vodného roztoku amoniaku. Samosíťující vodné disperze vznikly smícháním s 10% vodným roztokem ADH v množství odpovídajícímu molárnímu poměru DAAM:ADH = 2:1.

U připravených samosíťujících disperzí byl stanoven obsah koagulátu, zdánlivá viskozita pomocí viskozimetru Brookfield LVDV-E (Brookfield Engineering Laboratories, Anglie) a minimální filmotvorná teplota (MFT) pomocí přístroje MFFT-60 (Rhopoint Instruments, Anglie). Byla také hodnocena koloidní stabilita samosíťujících disperzí sledováním případného vzniku aglomerátů nebo nárůstu viskozity během vystavení disperze působení teploty 50 °C po dobu 60 dní.

*Příprava a hodnocení nátěrových filmů*

Připravené samosíťující vodné disperze byly aplikovány na skleněné a ocelové panely (tloušťka mokrého filmu 120 µm) a do silikonových forem (tloušťka mokrého filmu 1200 µm). Nátěrové filmy byly ponechány vysychat v klimatizované místnosti při teplotě 23 °C po dobu 30 dní. Poté byly nátěry testovány z hlediska tvrdosti dle Persoze na kyvadlovém přístroji Automatic 500 (BYK-Gardner, Německo), odolnosti vůči působení methylethylketonu (MEK) dle ASTM D 4752, mechanické odolnosti (zkouška hloubením dle ČSN EN ISO 1520 a zkouška padajícím závažím dle ČSN EN ISO 6272), lesku pomocí leskoměru Micro TRI Gloss (BYK Gardner, Německo) při geometrii 60 ° a odolnosti vůči bleskové korozi podle stupnice ASTM D 610. Rovněž byl sledován podíl nanočástic ZnO v nátěrových filmech pomocí stanovení obsahu popela dle ČSN EN ISO 3451-1 a obsahu Zn pomocí metody emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

Tabulka 1. Složení polymeračního systému.

|  |  |
| --- | --- |
| *Násada do reaktoru:* | |
| Voda | 35,0 g |
| Disponil FES 993 | 0,3 g |
| Peroxodisíran amonný | 0,2 g |
| *Emulze monomerů (jádro):* | |
| Voda | 47,5 g |
| Disponil FES 993 IS | 7,3 g |
| Peroxodisíran amonný | 0,4 g |
| Monomery | 100 g |
| *Emulze monomerů (obal):* | |
| Voda | 75 g |
| Disponil FES 993 IS | 7,3 g |
| Peroxodisíran amonný | 0,4 g |
| Monomery | 100 g |

Dále byly hodnoceny antibakteriální účinky nátěrových filmů. Byla sledována odolnost nátěrů vůči bakteriím *Staphylococcus aureus* CCM 2022*, Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955 a *Escherichia coli* CCM 3954na základě hodnocení procenta nárůstu bakterií na povrchu nátěru. Bakteriální suspenze z 24 hodinových kultur testovaných bakterií byly připraveny ve fyziologickém roztoku tak, aby stupeň zákalu odpovídal 0,5 stupni McFarlandovy zákalové stupnice (1,5 \* 108 cfu/ml). Postupným desítkovým ředěním byla suspenze 5x naředěna a z tohoto ředění bylo 0,1 ml suspenze rozetřeno L-hokejkou na povrch BHI agaru. Na živné médium byly poté sterilně umístěny čtverce filtračního papíru s testovaným nátěrem a Petriho misky byly inkubovány 24 v termostatu při 37°C. Po inkubaci bylo vyhodnoceno procento nárůstu bakteriálních kolonií na testovaném čtverci. Poté byl hodnocen i nárůst bakterií po otisknutí nátěru na sterilní živnou půdu v Petriho misce. Procento nárůstu bylo vyjádřeno vzhledem ke kontrolnímu vzorku, který představoval filtrační papír bez nátěru, který byl inkubován stejným způsobem. Všechny analýzy byly provedeny v dubletu.

**Výsledky a diskuze**

*Vlastnosti samosíťujících vodných disperzí*

Byly připraveny samosíťující vodné polymerní disperze, lišící se složením polymerních částic a obsahem nanočástic ZnO ve vodné fázi. Z tabulky 2 je patrné, že v případě všech 3 řad polymerních disperzí se zvyšoval obsah koagulátu s rostoucím přídavkem nanočástic ZnO inkorporovaných během syntézy disperze. Lze tedy konstatovat, že přítomnost nanostrukturního ZnO tedy vedla k poklesu koloidní stability disperzí během jejich syntézy, zatímco dlouhodobá stabilita disperzí přítomností ZnO ovlivněna nebyla, protože všechny samosíťující disperze nevykazovaly během dlouhodobého působení zvýšené teploty sklon k houstnutí nebo k tvorbě aglomerátů. Rovněž se ukázalo, že s rostoucím přídavkem nanočástic ZnO došlo ke zvýšení viskozity i hodnot MFT samosíťujících disperzí. Tento jev byl v každé řadě disperzí nejvýraznější u vzorků A2, B2 a C2, obsahujících teoreticky 2 hm. % ZnO (vztaženo na polymerní složku disperze) a souvisí pravděpodobně se vznikem komplexních vazeb mezi Zn2+ ionty a karboxylovými skupinami vázanými na polymerních řetězcích.

Tabulka 2. Složení a charakteristické vlastnosti samosíťujících vodných polymerních disperzí lišících se koncentrací TFEMA v obalové vrstvě core-shell polymerních částic a obsahem nanočástic ZnO ve vodné fázi .

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vzorek | Násada monomerů (g)  TFEMA/MMA/BA/KMA/DAAM/ZnO | | Obsah koagulátu (%) | Viskozita  (mPa.s) | MFT (°C) |
| jádro | obal |
| *Řada A: Polymery bez obsahu TFEMA* | | | | | |
| A0 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 0/20,5/26/1/2,5/0 | 0 | 9,4 | 9,2 |
| A1 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 0/20,5/26/1/2,5/1 | 0,6 | 35,4 | 11,2 |
| A2 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 0/20,5/26/1/2,5/2 | 1,1 | 53,8 | 14,0 |
| A3 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 0/20,5/26/1/2,5/3 | 4,5 | 34,4 | 11,8 |
| *Řada B: Polymery s 20% obsahem TFEMA v monomerní násadě tvořící obal částic* | | | | | |
| B0 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 10/12/24,5/1/2,5/0 | 0 | 9,3 | 7,8 |
| B1 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 10/12/24,5/1/2,5/1 | 0,2 | 13,7 | 11,5 |
| B2 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 10/12/24,5/1/2,5/2 | 2,1 | 17,7 | 14,6 |
| B3 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 10/12/24,5/1/2,5/3 | 4,7 | 33,6 | 13,3 |
| |  | | --- | | *Řada C: Polymery s 40% obsahem TFEMA v monomerní násadě tvořící obal částic* | | | | | | |
| C0 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 20/3,5/23/1/2,5/0 | 0,5 | 7,4 | 7,9 |
| C1 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 20/3,5/23/1/2,5/1 | 2,2 | 15,0 | 9,0 |
| C2 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 20/3,5/23/1/2,5/2 | 3,4 | 178,9 | 15,0 |
| C3 | 0/21/26,5/2,5/0/0 | 20/3,5/23/1/2,5/3 | 5,7 | 93,9 | 9,6 |

*Vlastnosti nátěrových filmů*

Vybrané lakařské vlastnosti připravených nátěrových filmů jsou shrnuty v tabulce 3. Studované samosíťující latexy tvořily pružné a pevné nátěry, které vykazovaly vysoký lesk a transparentní povahu bez povrchových defektů. Lze tedy usuzovat, že ZnO byl v nátěrech přítomen ve formě izolovaných nanočástic a nikoli jejich aglomerátů (o velikosti v řádu µm). Zároveň se ukázalo, že zvyšující se obsah nanočástic ZnO nezpůsobil výrazný pokles lesku ani mechanických vlastností výsledných nátěrů. Navíc bylo pozorováno významné zvýšení odolnosti vůči MEK u všech nátěrových filmů s obsahem nanočástic ZnO, což souvisí s existencí komplexních vazeb, jak již bylo uvedeno výše. Také bylo zjištěno, že přítomnost nanočástic ZnO vedla ke zvýšení odolnosti vůči bleskové korozi (viz obr. 1), obzvláště u nátěrů s nízkým obsahem nanostrukturního ZnO (A1 a C1).

Rovněž byla sledována reálná koncentrace nanočástic ZnO v nátěrových filmech pomocí stanovení obsahu popela a obsahu Zn metodou ICP-OES (tabulka 4). Výsledky obou metod spolu vzájemně souvisí a potvrzují, že s rostoucím obsahem nanočástic ZnO vnášených do disperzí během jejich syntézy (viz tabulka 2) nedochází k úměrnému nárůstu reálného obsahu ZnO ve výsledné disperzi a tudíž i nátěrovém filmu. Jak již bylo zmíněno dříve, přítomnost nanočástic ZnO během syntézy způsobila zvýšenou tvorbu koagulátu bohatého na ZnO, což pravděpodobně souvisí se vznikem komplexních vazeb mezi polymerními částicemi nesoucími karboxylové skupiny a zinečnatými ionty. Snaha o inkorporaci zvýšených množství ZnO při syntéze polymerní disperze se tedy jeví neefektivní z důvodu zvýšených ztrát emulzního polymeru i nanostrukturního ZnO.

Tabulka 3. Výsledky hodnocení nátěrových filmů na bázi samosíťujících vodných disperzí obsahujících nanočástice ZnO

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vzorek | Obsah ZnO\*  (%) | Lesk  (%) | Tvrdost  (%) | Pád závaží  (cm) | Hloubení  (mm) | MEK odolnost  (s) | Koroze (%) | |
| A0 | 0 | 70,1 | 37,0 | > 100 | > 10 | 23 | 100 |
| A1 | 1 | 67,5 | 30,0 | > 100 | > 10 | 121 | 50 |
| A2 | 2 | 72,1 | 31,0 | > 100 | > 10 | > 300 | 33 |
| A3 | 3 | 69,7 | 32,2 | > 100 | > 10 | > 300 | 16 |
| B0 | 0 | 60,8 | 40,3 | > 100 | > 10 | 36 | 100 |
| B1 | 1 | 73,9 | 37,1 | > 100 | > 10 | > 300 | 50 |
| B2 | 2 | 75,7 | 35,3 | > 100 | > 10 | > 300 | 33 |
| B3 | 3 | 71,5 | 41,0 | > 100 | > 10 | > 300 | 33 |
| C0 | 0 | 72,7 | 32,6 | > 100 | > 10 | 30 | 100 |
| C1 | 1 | 68,6 | 24,5 | > 100 | > 10 | > 300 | 33 |
| C2 | 2 | 67,8 | 24,5 | > 100 | > 10 | > 300 | 33 |
| C3 | 3 | 65,9 | 29,7 | > 100 | > 10 | > 300 | 16 |

\* Teoretický obsah nanostrukturního ZnO v nátěrovém filmu.

Tabulka 4. Koncentrace nanočástic ZnO v nátěrových filmech stanovená pomocí obsahu popela a obsahu Zn z ICP-OES analýzy

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Vzorek | Teoretický obsah  ZnO (hm. %) | Obsah ZnO dle  Stanovení popela (hm. %) | Obsah Zn dle  ICP-OES (hm. %) | Efektivita inkorporace ZnO (%) |
| A 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| A 1 | 1 | 0,8 | 0,5 | 80 |
| A 2 | 2 | 1,4 | 0,9 | 70 |
| A 3 | 3 | 1,6 | 1,0 | 53 |
| B 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| B 1 | 1 | 0,9 | 0,6 | 90 |
| B 2 | 2 | 1,4 | 0,9 | 70 |
| B 3 | 3 | 1,5 | 1,0 | 50 |
| C 0 | 0 | 0,0 | 0,0 | - |
| C 1 | 1 | 1,0 | 0,6 | 100 |
| C 2 | 2 | 1,3 | 0,8 | 65 |
| C 3 | 3 | 1,8 | 1,2 | 60 |

*Antibakteriální působení nátěrových filmů*

V neposlední řadě byl posuzován antibakteriální účinek nátěrových filmů v souvislosti s reálnou koncentrací nanočástic ZnO. Z tabulky 5 vyplývá, že v případě hodnocení nárůstu bakterií na povrchu nátěru vykazovaly nejvyšší odolnost nátěry A2, B2 a C2 obsahující přibližně 1,4 % ZnO a to bez ohledu na složení emulzního polymeru. Nízký baktericidní účinek byl zjištěn také u všech typů nátěrových filmů bez přítomnosti ZnO s výjimkou *Escherichia coli*, kde byl zaznamenán vysoký antibakteriální efekt. Velmi slabé antibakteriální působení bylo sledováno pro všechny testované druhy bakterií i u nátěrů s přibližným obsahem ZnO 0,8−1,0 %. V případě sledování antibakteriálního účinku v místě otisku nátěrového filmu došlo v závislosti na rostoucí koncentraci nanočástic ZnO ke zmenšení plochy nárůstu bakterií. Lze konstatovat, že nátěry na bázi samosíťujících disperzí obsahujících minimálně 1,3 % nanostrukturního ZnO vykazují bakteriostatický účinek.

Tabulka 5. Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vzorek | Obsah ZnO  (%) | Nárůst na nátěru (%) | | | | Nárůst po otisku nátěru (%) | | | | | |
| *S. aureus* | *P. aeruginosa* | *E. coli* | | *S. aureus* | | *P. aeruginosa* | | *E. coli* | |
| A 0 | 0,0 | 100 | 100 | 25 | 100 | | 100 | | 100 | |
| A 1 | 0,8 | 95 | 90 | 100 | 100 | | 90 | | 95 | |
| A 2 | 1,4 | 55 | 85 | 70 | 90 | | 80 | | 70 | |
| A 3 | 1,6 | 70 | 90 | 75 | 90 | | 95 | | 90 | |
| B 0 | 0,0 | 70 | 100 | 20 | 100 | | 100 | | 100 | |
| B 1 | 1,0 | 100 | 100 | 100 | 100 | | 100 | | 100 | |
| B 2 | 1,4 | 50 | 80 | 80 | 60 | | 90 | | 90 | |
| B 3 | 1,5 | 80 | 90 | 80 | 85 | | 95 | | 90 | |
| C 0 | 0,0 | 100 | 100 | 20 | 100 | | 100 | | 100 | |
| C 1 | 0,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | | 100 | | 100 | |
| C 2 | 1,3 | 60 | 95 | 90 | 65 | | 85 | | 90 | |
| C 3 | 1,8 | 95 | 90 | 85 | 85 | | 95 | | 90 | |

**Závěr**

Hlavní náplní práce byl vývoj a studium ekologických jednosložkových vodou ředitelných polymerních disperzí využívajících keto-hydrazidové post-síťování a obsahujících nanočástice oxidu zinečnatého. Inkorporace nanočástic ZnO probíhala ve fázi syntézy polymerní disperze prováděné pomocí techniky semi-kontinuální emulzní polymerace. Bylo zjištěno, že inkorporací nanočástic ZnO při syntéze lze připravit stabilní samosíťující polymerní disperze vykazující antibakteriální efekt i při výrazně nízké koncentraci biocidní látky. Všechny připravené disperze vykazovaly dlouhodobou stabilitu a skladovatelnost, rychlé zasychání, odolnost proti bleskové korozi, chemickou odolnost, pružnost a transparentnost nátěrů. Nátěry obsahující 1,5 hm. % nanočástic ZnO vykazovaly nejlepší biocidní účinek vůči testovaným bakteriím (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli*). Tyto polymerní disperze mohou nalézt průmyslové využití jako vodou ředitelná pojiva nátěrových hmot nebo transparentní laky s antibakteriálním účinkem, vhodné pro interiérové nátěry různých typů podkladů, zejména ve veřejných prostorách vyžadujících mikrobiologickou nezávadnost, jako jsou nemocnice, léčebny dlouhodobě nemocných, penziony, hotely, školy.

*Tato práce vznikla za finanční podpory projektu Technologické agentury České republiky (projekt TH02010140).*

**Literatura**

[1] Koukiotis Ch.G., Karabela M.M., Sideridou I.D.: Prog. Org. Coat. *75*, 106 (2012).

[2] Li M., Lin X., Li X., Wang H.: *Appl. Mech. Mat.* *469*, 3 (**2014**).

[3] Zhang X., Liu Y., Huang H., Li Y., Chen H.: *J. Appl. Polym. Sci.* *123*, 1822 (**2012**).

[4] Pi P., Wang W., Wen X., Xu S., Cheng J.: *Prog. Org. Coat. 81*, 66 (**2015**).

[5] Wang R.M., Wang J.F., Wang X.W., He Y.F., Zhu Y.F., Jiang M.L.: *Prog. Org. Coat.* 71, 369 (**2011**).

[6] Chen Z.; Chen S.: CN 1831059 A (**2006**)

[7] Schlenker R.R.T., Solomons C.C., Plunkett J.D., Smith C.S.: EP 0557625 A1 (**1993**)