

**Oponentský posudek doktorské disertační práce Ing. Romana Otáhala  
Studium vlivu plniv a pojiv na protipožární vlastnosti zpěňovatelných  
nátěrových hmot, vypracované v rámci studijního programu P2833 Chemie a  
technologie materiálů, obor Povrchové inženýrství na Univerzitě Pardubice,  
Fakulta chemicko-technologická, Ústav chemie a technologie**

**makromolekulárních látek, oddělení nátěrových hmot a organických povlaků.**

Disertační práce se skládá ze sedmi základních kapitol, které umožňují sledovat postup práce k vytčenému cíli uvedenému ve 3. kapitole.

**Kapitola 2** Teoretická část (str.18 - 36) analyzuje současné znalosti v oblasti protipožární ochrany oceli různými postupy a metody používané pro hodnocení protipožárních materiálů. Tato kapitola je zpracovaná velmi pečlivě a podává čtenáři ucelený pohled na tuto specifickou oblast ochrany, kde se s úspěchem používají povlaky ze specifických nátěrových hmot. Jako v každém oboru, také v oblasti protipožární ochrany dochází k omezení používání látek, které nevyhovují současným ekologickým požadavkům.

K přehledu o použití různých nanočástic jako nadějných retarderů hoření a zvýšení tepelné stability kompozitů je vhodné poznamenat, že v současné době, jak vyplývá z literatury, je v oblasti aplikace nanočástic nutno získat kromě technických poznatků také poznatky o jejich případném negativním vlivu.

Amanda S.Barnard:Computational strategies for predicting the potential risks associated with nanotechnology, NANOSCALE 1(1), 89-95 (October 2009) 72 odkazy na literaturu [www.rse.org/nanoscale](http://www.rse.org/nanoscale)

**Kapitola 3** Cíl práce (str. 37). Disertační práce je zaměřena na přípravu a studium vhodných typů požárně odolných nátěrů ze zpěňovatelných nátěrových hmot pro ochranu ocelových konstrukcí. Kombinace vhodných pojiv a tepelně stabilních plniv může vést k vylepšení tepelně izolačních vlastností zpěněné vrstvy. Vylepšením těchto vlastností by se mohla snížit aplikační tloušťka při zachování daného stupně odolnosti, což by vedlo k finančním a materiálovým úsporám. Byly zvoleny následující kroky ke splnění cíle: 1. Výběr vhodných pojiv a aditiv zpěňovacího systému. 2. Výběr vhodných tepelně stabilních pigmentů a plniv. 3. Výběr vhodných metod pro testování protipožárních zpěňovacích nátěrů. 4. Studium vzniklé ochranné uhlíkaté vrstvy pro posouzení vlivu zkoušených plniv.

**Kapitola 4** Experimentální část (str. 38 – 49) má 4 oddíly . Specifikace surovin (str.38-39). Příprava zpěňovatelných nátěrových hmot (str. 40 – 44). Metody hodnocení a testování zpěňovatelných nátěrových hmot (str.44–46). Metody hodnocení zrychlených korozních zkoušek (str.47 – 49).

Specifikace surovin zahrnuje charakteristiky zpěňovacích látek (4 vzorky), pojiv ( 8 vzorků) , pigmentů a plniv ( 9 vzorků). U použitých vzorků výrobci uvádějí pouze základní informace. Termín OKP u tabulky 2 se vztahuje, jak ukazuje **přibližný přepočít** na obsah tuhých částic. Totéž se vztahuje na tabulku 5. U použitých ocelových vzorků (str.41) je vhodné uvádět normu materiálu a také drsnost povrchu.

Legenda k obrázku 7 (str.45) se jistě týká hotového nátěru.

Použité metody instrumentální analýzy umožnily dobře zhodnotit výsledky působení vysokých teplot na zkoušené vzorky nátěrů.

K metodě hodnocení nátěrů ve vlhkostní komoře s SO<sub>2</sub> se má uvést dle jaké normy byly zkoušky prováděny. U zkušebního postupu využívajícího solnou mlhu se nejedná o kondenzaci vodní páry (str. 47, 1. odstavec), ale o postřik roztokem, což je také uvedeno ve 3. odstavci.

K použitým normám (standardům) uvedeným na str. 47 – 49 platí, že se mají použít jejich poslední vydání. Při přepracování norem (standardů) totiž někdy dochází k

jejich značným změnám. Tak například obrázky ve standardu ASTM D 610 – 01 jsou jiné než ve standardu ASTM D 610 – 85. Obrázky ve standardu D610-85 jsou jednodušší a dle mého názoru lze používat, ale je nutno v publikaci uvést, že to bylo použito vědomě a nikoliv z neznalosti norem. Procentuální hodnocení a stupnice v obou normách jsou v podstatě stejné. V současné době je u nás orientace zaměřena hlavně na standardy ISO a EN. Standardy ASTM se obtížně získávají (s ohledem na cenu) a kromě toho se mění dle revizí v určitých časových intervalech. V současné době je, jak je vidět na internetu, platný ASTM D 610 – 08.

**Kapitola 5** Výsledky a diskuse výsledků (str. 50 – 106) je členěná dle typů použitých pojiv. Část 5.1 zahrnuje hodnocení výsledků zkoušek zpěňovatelných nátěrů z nátěrových hmot na bázi kopolymerní disperze vinylacetát-vinylester kyseliny versatikové (str. 50 – 79). Část 5.2 zahrnuje hodnocení výsledků zkoušek nátěrů z nátěrových hmot na bázi epoxy-siloxanového pojiva (str. 79 – 103) a část 5.3 zachycuje výsledky zkoušek zpěňovatelných nátěrů z vodou ředitelných nátěrových hmot na bázi alkydového, akrylátového, styren-akrylátového, polyuretanového a epoxidového pojiva. Do této série byl zařazen vzorek na bázi rozpouštědlového substituovaného styren-akrylátu. Z uvedených pojiv bylo pravděpodobně emulsním pouze pojivo alkydové.

Pečlivě provedené hodnocení výsledků zkoušek vyústí v závěry (část 1 str. 78 – 79; část 2 str. 103), které poskytují ověřené podklady, které lze využít při formulaci protipožárních materiálů.

Byly uskutečněny zkoušky nátěrových systémů tvořených: **a)** základním antikoročním nátěrem a protipožárním nátěrem a **b)** nátěrových systémů tvořených základním antikoročním nátěrem, protipožárním nátěrem a vrchním nátěrem. U nátěrových systémů **a)** byla sledována možnost oddělení nátěrového systému při nevhodném základním nátěru od podkladu. U nátěrových systémů **b)** byl sledován vliv vrchního nátěru na ohnivzdornost. Zkoušky ukázaly vhodnost základního nátěru v případě zkoušek nátěrového systému **a)**. Zkoušky nátěrových systémů **b)** ukázaly, že vrchní nátěry způsobují pokles zpěněné vrstvy, což vede ke zhoršení protipožárních vlastností zpěňovatelných nátěrů.


**Kapitola 6** Přínosy disertační práce pro vědu a praxi (str. 107). O epoxy-siloxanovém pojivu nejsou informace, že by bylo pro zpěňovatelné materiály použito. Tepelným rozkladem tohoto pojiva vzniká tenká vrstvička oxidu křemičitého, čímž vylepšuje izolační vlastnosti povlaku. V rámci disertační práce byl vypracován test ohnivzdornosti, který umožňuje porovnávat zpěňovatelné materiály.

**Kapitola 7** Závěr (str. 108 – 109). Přídavkem vhodných pigmentů do zpěňovatelných materiálů, například titanové běloby nebo plniv, dochází ke zlepšení izolačních vlastností zpěněné vrstvy. Plniva však mohou mít kromě pozitivního také negativní vliv (tato skutečnost je vysvětlena v závěrech v kapitole 5.) Byl zjištěn pozitivní vliv upraveného grafitu.

Nejvyšší ohnivzdornost vykázaly materiály obsahující slídu a minerální vlákna. Minerální vlákna v případě epoxy-siloxanového materiálu se podílejí na ochraně hygroskopických aditiv před působením vzdušné vlhkosti a vody.

Disertační práce je zpracovaná pečlivě, je srozumitelná a uváděné závěry jsou podloženy rozsáhlými výsledky zkoušek. Přináší vědecké poznatky a také poznatky, které mohou být využity v technické praxi.

Disertační práci Ing. Romana Otáhala doporučuji k obhajobě a po úspěšné obhajobě udělení titulu Ph.D.

  
Doc. Ing. Miroslav Svoboda, CSc.  
Černická 1779/8  
100 00 Praha 10

V Praze 8.7.2010

## Poznámky

V oboru **nátěrových hmot a nátěrů** se setkáváme se vzájemnou záměnou těchto dvou zdánlivě jasných termínů. Pro získání objektivního názoru na tuto skutečnost je vhodné podívat se do odpovídajících názvoslovných norem.

Platná česká technická norma ČSN EN ISO 4618 (67 0010) Nátěrové hmoty – termíny a definice (idt ISO 4618:2006) uvádí:

### **Nátěrová hmota (poř.č.2.50, str.18)**

Produkt v kapalné, pastovité nebo práškové podobě, který po nanesení na **podklad** vytváří **nátěrový film** mající ochranné, dekorativní a/nebo jiné specifické vlastnosti.

**Nátěr (poř.č.2.48, str.17)** Souvislá vrstva **nátěrové hmoty** vzniklá jedním aplikačním postupem.

### **Povlak, nátěr (poř.č.2.49, str.18)**

Souvislá vrstva vytvořená jednou nebo vícenásobnou aplikací **nátěrového materiálu na podklad**.

Poznámka 1 Použití termínu „coating“ pro „coating material“ (**nátěrová hmota**) je nepřijatelné. Poznámka 2 Anglický termín „coating“ je také používán ve významu „**nanášení nátěrové hmoty**“.

K těmto definicím lze poznamenat, že vrstva nátěrové hmoty nanesená na podklad stále zůstává nátěrovou hmotou nebo „mokrým nátěrem“. Hodnotným nátěrem se stane až po proběhnutí fyzikálních pochodů (odpaření ředidel a rozpouštědel a případně spojení dispergovaných částic apod.) nebo také chemických pochodů (reakce se vzdušným kyslíkem nebo tvrdidlem). U definice práškové nátěrové hmoty je tato skutečnost uvedena.

### **Prášková nátěrová hmota (poř.č.2.51, str.18)**

**Nátěrová hmota** v práškovém stavu, která po roztavení a případném **vytvrzení** vytváří souvislý **povlak**.

Při požadavku výstižného a stručného sdělení (výstižný název podstaty práce, název kapitoly) lze se spokojit s použitím jednoho ze dvou uvedených pojmů. V textu, kde se sděluje, jak vzorek zkorodoval, popraskal, zuhelnatěl a podobně, se má uvést, že se jedná o nátěr nebo povlak a nikoliv o nátěrovou hmotu.

Hodnocení disertační práce Ing.Romana Otáhala a závěr oponenta viz. str.1 – 3.

**Posudek na disertační práci Ing. Romana Otáhala nazvané:  
“Studium vlivu plniv a pojiv na protipožární vlastnosti zpěňovatelných  
nátěrových hmot.**

Doktorská disertační práce se zabývá přípravou a testováním protipožárních zpěňovatelných nátěrových hmot na ocelové konstrukce. Jejich účinnost je ovlivňována zpěňovacími aditivami, typem pojiva a množstvím a typem plniv. Je to téma v současnosti velmi aktuální.

Práce čítá 112 stran, zahrnuje 105 obrázků, 8 tabulek a 93 literárních odkazů, seznam publikovaných a prezentovaných výsledků uchazeče. Text je přehledný a vysvětlující.

Cíle práce jsou jasně deklarované a podle nich je práce členěna do několika relativně samostatných (a zároveň na sebe navazujících) celků.

Důležitým hlediskem pro řadu technologických aplikací materiálů je požární bezpečnost, která úzce souvisí s nehořlavostí nebo sníženou hořlavostí, nesnadnou zápalností a schopností materiálu nešířit požár a předložená práce k hledání způsobů pasivní protipožární ochrany jednoznačně přispívá.

Přehled o současném stavu problematiky, jež je předmětem disertace, je zpracován dostatečně. Experimentální část spolu s výsledky a jejich diskuzí dávají dobrou představu jak byla myšlenka (cíle práce) realizována a k jakým závěrům doktorand dospěl.

Bylo zjištěno, že zpěňování nátěrových hmot a struktura zpěněné vrstvy je nejvíce ovlivňována koncentrací plniv. Nejvíce se na vylepšení protipožárních vlastností podílely zejména minerální vlákna, metakaolín, slída a v případě zpěňovatelné nátěrové hmoty na bázi kopolymerní disperze vinylacetát-vinylester kyseliny versatkové i expandovatelný grafit. Ve formulaci zpěňovatelných nátěrových hmot bylo použito hybridní pojivo na bázi epoxy-siloxanu. Tento systém nebyl dosud nikým použit. Ve srovnání s tradičními organickými zpěňovatelnými nátěrovými hmotami, zůstává ve zpěněné vrstvě více tepelně stabilního materiálu a to prodlužuje dobu protipožární ochrany.

Práce je pojata komplexně, členěna přehledně přičemž podává dostatečně široký přehled řešené problematiky. Je vypracována pečlivě a na úrovni doby. Doktorská práce je podložena dvěma publikacemi, jedním rukopisem. Je třeba zmínit řadu aktivních účastí na oborových konferencích.

*K práci mám následující dotazy, připomínky, upozornění a náměty pro diskuzi:*

- \* formální nedostatky - p. a str, neúplné citace literatury, u www odkazů chybí kdy staženo a pod.
- \* jak byla měřena tloušťka filmu?
- \* které ze studovaných pojiv a plniv je z toxikologického hlediska nejpříjemnější pro tyto účely.
- \* která z analytických metod je nejvýhodnější pro stanovení produktů vzniklých po zpěnění nátěrové hmoty.
- \* jaký je názor autora – co by navrhl pro další výzkum.

Práce dokladuje schopnost autora řešit výzkumné úkoly. Autor splnil vytčené cíle práce. Prohlašuji, že jsem doktorskou disertační práci Ing. Romana Otáhala prostudoval, považuji ji za zdařilou a **doporučuji ji přijmout k obhajobě.**

V Pardubicích 20.7.2010

  
prof. Ing. Karel Ventura, CSc.

## Oponentský posudek doktorské disertační práce

Autor disertační práce: Ing. Roman Otáhal

Název: **Studium vlivu plniv a pojiv na protipožární vlastnosti zpěňovatelných nátěrových hmot**

Studijní program: **P2833 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **2808V027 Povrchové inženýrství**

**Univerzita Pardubice, Fakulta-chemicko-technologická, Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek, Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků**

Cílem předložené disertační práce Romana Otáhala bylo připravit různé typy protipožárních zpěňovatelných nátěrových hmot a otestovat jejich vlastnosti.

V teoretické části je vypracována literární rešerše. Úvodem teoretické části se autor věnuje popisem různých typů protipožární ochrany oceli. Další část se podrobněji zabývá zpěňovatelnými a nezpěňovatelnými nátěrovými hmotami. Teoretickou část uzavírá přehled metod pro hodnocení protipožárních nátěrových hmot.

Pro přípravu nátěrových hmot bylo použito šest vodou ředitelných a dvě rozpouštědlová pojiva. Pro testování autor vybral devět různých tepelně odolných plniv s různou velikostí částic a čtyři zpěňovatelná aditiva. Připravené nátěrové hmoty byly aplikovány na ocelové plechy, u kterých byly použity následující testy pro hodnocení protipožárních nátěrů: test ohnivzdornosti, termogravimetrická analýza, infračervená spektroskopie, rentgenofluorescenční analýza, rentgenová difrakční analýza a stanovení limitního kyslíkového čísla.

Pro nátěrovou hmotu na bázi epoxy-siloxanu a epoxy-siloxanu se třemi procenty minerálních vláken byla provedena zkouška neutrální solnou mlhou a provedeno hodnocení antikorozní účinnosti dle příslušných norem ČSN a ASTM.

Doktorand došel k závěru, že vlastnosti zpěňovatelných nátěrových hmot nejvíce ovlivňuje koncentrace použitých plniv. Protipožární vlastnosti nejlépe vylepšují minerální vlákna, metakaolín, slída a při použití disperze na bázi VeoVa i expandovatelný grafit.

K jazykové a grafické stránce práce nemám žádné výhrady. Velmi kladně hodnotím fakt, že autor použil, v protipožárních nátěrech, dosud nezkoumané pojivo na bázi epoxy-siloxanu, které má vzhledem ke svým unikátním vlastnostem budoucnost i na poli

klasických nátěrových hmot. Dále oceňuji vyvinutí vlastního postupu hodnocení vlastností protipožárních nátěrů.

Všechny zadané cíle práce byly splněny, a proto předloženou doktorskou disertační práci Romana Otáhala **doporučuji k obhajobě.**

**Připomínky a otázky k obhajobě:**

- Seznam a specifikace použitých surovin neobsahuje všechna použitá aditiva (zejména záhustky).
- Na straně 43. uvádíte, že pro vytvrzování SILIKOPONu EF jste používal aminosilan. Uvedte prosím přesný chemický název použitého aminosilanu.
- Jakými způsoby lze urychlit epoxy-siloxanové nátěrové hmoty?

V Hradci Králové 8. 8. 2010

Ing. Michal Poledno, Ph.D.

