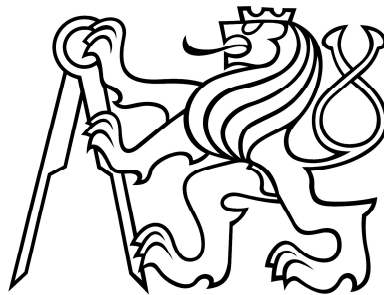


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

134SEP Seminární práce



Intumescentní požární nátěry – životnost, obnova, laboratorní kontrola kvality složení

ZS 2012/2013

Vypracovala: Bc. Hana Najmanová

Vedoucí práce: Ing. Marek Pokorný Ph.D.
124 Katedra konstrukcí pozemních staveb

Obsah

Obsah.....	2
1 Úvod.....	3
2 Rozdělení požárních nátěrů.....	3
2.1 Zábranové požární nátěry.....	3
2.2 Sublimující požární nátěry.....	4
3 Intumescentní(zpěňující) nátěry a jejich princip.....	4
3.1 Složení intumescentní nátěrové hmoty.....	5
3.2 Mechanismus tvorby pěny.....	6
4 Možnosti použití intumescentních nátěrů a jejich výhody.....	6
4.1 Ocelové konstrukce.....	7
4.2 Dřevěné konstrukce.....	8
4.3 Betonové konstrukce.....	9
4.4 Kabelové rozvody.....	9
5 Omezení použití intumescentních nátěrů a jejich nevýhody.....	10
5.1 Životnost, obnova.....	11
5.2 Nutná certifikace, montáž, kontrola.....	13
6 Další problematické oblasti.....	15
6.1 Nepovolené povrchové úpravy.....	15
6.2 Vlhkostní podmínky.....	15
6.3 Požární zkoušky zcela nevystihují skutečné podmínky.....	15
6.4 Identifikace dříve použitých požárních intumescentních nátěrů.....	16
7 Závěr.....	17
Seznam použité literatury.....	18
Seznam obrázků.....	21
PŘÍLOHA 1: Obrazová příloha požárních zkoušek intumescentních nátěrů v požární zkušebně PAVUS Veselí nad Lužnicí.....	22
PŘÍLOHA 2: Praktická část: Možnosti laboratorní kontroly kvality složení intumescentních nátěrů..	26

1 Úvod

Požární bezpečnost staveb v sobě zahrnuje snahuco nejúčinněji předcházet požáru a dále maximálně efektivně omezit jeho případné následky. Z tohoto hlediska jsou na konstrukce kladeny požadavky, které mají při mimořádné události (jako je požár) zajišťovat přiměřenou bezpečnost. Zaručena má být především bezpečná evakuace osob a zvířat nacházejících se v objektu, bezpečný a spolehlivý zásah jednotek požární ochrany a zabránění šíření požáru mezi požárními úseky a na sousední objekty. Mezi hlavní opatření patří mimo jiné zajištění požární odolnosti stavebních konstrukcí, přičemž požární odolnost je doba, po kterou je konstrukce schopna plnit svou funkci. Pokud je požadavek na požární odolnost vyšší, než je skutečná hodnota, musí se konstrukce adekvátně chránit a tím její požární odolnost zvýšit natolik, aby byl požadavek splněn. Možnosti ochrany jsou poměrně rozsáhlé. V současné době se na trhu vyskytuje celá řada požárních ochranných prostředků, které splňují kritéria na zvyšování požární odolnosti konstrukčních prvků. V oblasti ochrany nosných konstrukcí se jedná především o výrobky na bázi obkladů či nástříků, další možností, jak konstrukce před účinky požáru chránit, je aplikace požárních nátěrů.

Rozeznáváme několik druhů požárních nátěrů (viz. Kap. 2). Seminární práce je věnována problematice intumescentních požárních nátěrů a to především v souvislosti s možnostmi jejich aplikace a ohledem na jejich životnost a obnovu. Součástí práce je dále praktická část, která se zabývá ověřením možnosti laboratorní kontroly kvality složení intumescentních nátěrů.

2 Rozdělení požárních nátěrů

Využití nátěrů jako požární ochrany není novinkou, již ve starověku bylo dřevo z tohoto důvodu impregnováno máčením v roztocích solí nebo chráněno nátěry hlinkou, vápnem, hliněnou mazaninou atd. Staří Řekové využívali k ochraně pře ohněm vlastností vodních vápenných roztoků, později vodního skla. V moderní době se požární nátěry dostaly do popředí zájmu především v souvislosti s rozvojem nosných ocelových konstrukcí a jejich technologie je nadále rozvíjena[1].

Požární nátěry můžeme třídit z několika hledisek, a tedy na jakém principu fungují či jaký druh konstrukce mají chránit. Podle principu, na kterém působí, rozeznáváme několik druhů požárních nátěrů: *zábranové*, *intumescentní* a *sublimující* (Obr. 1). Stručný princip působení zábranových a sublimujících nátěrů je nastíněn v následujících podkapitolách, intumescentní nátěry jsou hlavním tématem práce.

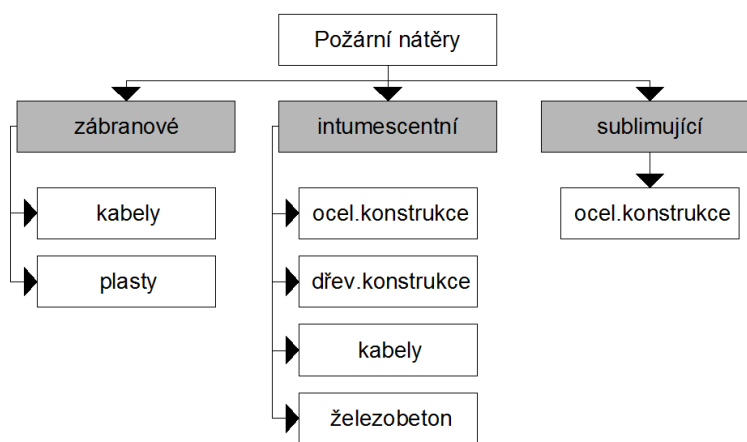
2.1 Zábranové požární nátěry

Základním účelem těchto nátěrů je zabránit přístupu plamene k povrchu a dále omezit přístup kyslíku a tím zabránit procesu hoření. Jejich tepelně izolační schopnosti jsou většinou nulové, účinnost ovšem velmi vysoká, založená pouze na bariérovém efektu. Předpokladem správné ochranné funkce je dobrá přilnavost k povrchu. Po odhoření se na povrchu vytváří krusta,

kteřá dobře lpí na podkladu a působí proti šíření plamene. Uplatňují se především u hořlavých materiálů, jako jsou dřevo a plasty, nebo kabelové izolace či plastová potrubí [1].

2.2 Sublimující požární nátěry

Jsou považovány za jakýsi přechod od nátěrů k nástřikům. Podstatou je poměrně silná vrstva snadno se teplem rozkládajících a sublimujících aditiv v polymerním, obvykle epoxidovém pojivu, která se při vyšších teplotách začíná odpařovat, resp. sublimovat. Odcházející plyny strhují plamen a ochlazují povrch, na kterém jsou naneseny. Tyto nátěry jsou velmi stále a odolné vůči povětrnostním vlivům a mechanickému namáhání, přesto není jejich použití příliš rozšířeno. Významnou roli mohou hrát vysoké pořizovací náklady [2].



Obr. 1 Schéma rozdělení požárních nátěrů včetně jejich aplikace [3]

3 Intumescentní(zpěňující) nátěry a jejich princip

Ve stavebnictví jsou mezi požárními nátěry nejčastěji používané nátěry intumescentní neboli zpěňující.

U většiny požárních ochranných předpokládáme, že jejich tepelné vlastnosti jsou závislé především pouze na teplotě, jedná se o materiály většinou anorganické a při vystavení vysokým teplotám nereaktivní. V případě intumescentních nátěrů hovoříme ovšem o látkách organických a při vystavení vysokým teplotám také velmi reaktivních. Jsou to právě silné chemické reakce, které způsobí vypěnění materiálu a tedy zajištění ochranné funkce [4]. Princip ochranné funkce lze zjednodušeně popsat tak, že nátěr vystavený působení vysokých teplot rychle expanduje a karbonizuje (teploty okolo 180-200°C). Vzniká tak vrstva tepelně stabilní, uhlíkaté pěny, která má tepelně izolační schopnost a kromě toho zamezuje přístupu vzdušného kyslíku k povrchu chráněného materiálu a tím také brání jeho hoření, šíření plamene a vývoji dýmu. Vzniklá pěna vytváří bariéru, chráníci po určitou dobu podklad proti působení plamene a tepelného toku. V průběhu procesu expanze zvětšuje původní nátěr svůj objem až padesátkrát, takže tloušťka vzniklé pěny dosahuje několika centimetrů. Díky této schopnosti je možno intumescentní nátěrové hmoty nanášet v poměrně tenkých vrstvách. Obvyklá tloušťka suchého nátěru je 0,3mm až 1mm, podle požadované požární odolnosti [5].

Výrobce je pak přesně daná minimální a maximální tloušťka ochranného nátěru, přičemž při překročení jednoho z limitů je ochranná funkce nátěru omezena nebo dokonce ztracena. Při překročení maximální povolené tloušťky má nátěr tendence odpadávat a předčasně prskat, neplatí tedy pravidlo „čím více, tím lépe“ a je nutno přesně dodržovat aplikační podmínky stanovené výrobcem.

Intumescentní nátěr není pouze jednosložkovou záležitostí, nýbrž vytváří ucelený systém, který se skládá z několika vrstev (Obr. 2). První vrstvu tvoří **základní nátěr** (primer), který zajišťuje správnou adhezi k povrchu (systém se nesmí při zvýšených teplotách odlupovat) a zároveň tvoří potřebnou antikorozi. Druhou vrstvu vytváří **aktivní zpěňující nátěr**, který je nanášen v potřebné, přesně dané tloušťce a to v jednom nebo i několika pracovních krocích, při zvýšených teplotách napěňuje a vytváří bariéru izolující pěny. Třetí vrstva je tvořena **vrchním ochranným nátěrem**, který chrání aktivní intumescentní nátěr před vlhkostí a nepříznivými povětrnostními vlivy. Tato vrstva musí být (jako všechny vrstvy systému) kompatibilní a nesmí zabraňovat vytváření pěny. Dále tato vrstva ovlivňuje kvalitu a barevnou úpravu povrchu [6, s. 25].

Nejdůležitějším procesem je proces napěňování. Jedná se o celou řadu simultánních dějů, které se odehrávají v různých rovinách aplikovaného nátěru a mají zásadní vliv na tepelně izolační schopnost celého nátěrového systému [6, s. 27].



Obr. 2 Struktura intumescentního nátěru [3]

3.1 Složení intumescentní nátěrové hmoty

Intumescentní, tj. aktivní nátěrová vrstva zpravidla obsahuje [5]:

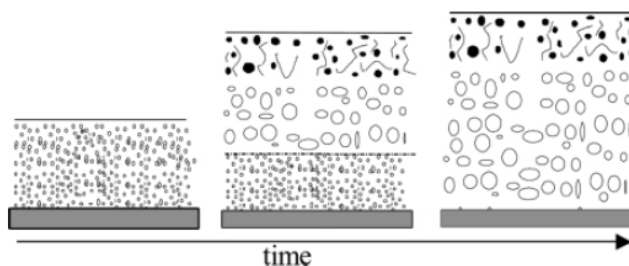
- koksotvornou složku vytvářející skelet pěny
- složku, která je zdrojem minerální kyseliny, jež katalyzuje tvorbu koksu
- napěňující složku (sloučenina, která se při vysokých teplotách rozkládá za tvorby plyných zplodin, především vody, amoniaku a oxidu uhličitého)
- pojivo, které svými vlastnostmi zajišťuje tvorbu stabilní pěny
- pigment
- plniva, která mají při zahřívání odštěpovat vodu, snižovat teplotu a zvyšovat pevnost výsledné pěny
- aditiva (dispergační přísady, látky upravující viskozitu a zpracovatelnost, antibakteriální prostředky apod.)

3.2 Mechanismus tvorby pěny

Mechanismus tvorby pěny je značně komplikovaný a není přesně popsán. Zjednodušeně lze říci, že se jedná o *dva paralelní procesy*:

- tvorbu uhlíkatého skeletu pěny (koxsu)
- rozklad nadouvadla, při kterém vznikají plyny způsobující vlastní expanzi nadouvadla

Při teplotách nad 200°C se začíná složka, která je zdrojem minerální kyseliny (kyseliny fosforečné), pozvolna rozkládat a uvolňovat kyselinu fosforečnou. Při teplotách nad 300°C již tento rozklad probíhá velmi rychle. Uvolněná kyselina fosforečná reaguje s hydroxylovými skupinami koxsotvorné složky za tvorby cyklických esterů, přičemž se odštěpují voda a amoniak, které přispívají k expanzi. Vzniklá sloučenina pak pyrolizuje za vzniku hmoty podobné koxsu. Přitom se odštěpuje oxid uhlíčitý a voda a uvolňuje se kyselina fosforečná, která je tak k dispozici pro esterifikaci dosud nezreagované polyhydroxylové složky. Současně probíhá i rozklad nadouvadla a uvolňující se plyny způsobují expanzi vznikajícího koxsu. Aby celý proces proběhl úspěšně, je nezbytné pečlivě vybírat jednotlivé komponenty tak, aby jejich fyzikální vlastnosti, zejména teploty tání a teploty rozkladu, byly v souladu. Není např. možné, aby rozklad nadouvadla probíhal při vyšší teplotě než tvorba koxsu, protože pak by pěna nevznikala. Stejně tak je třeba, aby koxsotvorná složka byla schopna vytvořit taveninu, což je podmínka vzniku spojité pěny – koxsu. S tím souvisí i požadavek na viskozitu taveniny nátěru, která je do značné míry ovlivněna i použitým pojivem. Pokud by totiž byla viskozita taveniny příliš nízká, došlo by ke kolapsu vznikající pěny a naopak při příliš vysoké viskozitě by nebyla expanze dostatečná [5]. Zpěňovací proces je graficky znázorněn na Obr. 3.



Obr. 3 Ideální průběh zpěňovacího procesu. Pro vytvoření účinné bariery je nutná pomalá difuze plynů. Tento průběh není docílen, pokud je viskozita taveniny příliš nízká nebo příliš vysoká. [7]

4 Možnosti použití intumescentních nátěrů a jejich výhody

Oproti ostatním požárním ochranám vykazují intumescentní nátěry několik výhod. Jednou z nich je velký rozsah použití a tedy možnost chránit širokou škálu materiálů jako je ocel, dřevo nebo dokonce beton a kabelové rozvody. Nátěry jsou dále aplikovány v DFT (dry film thickness neboli „tloušťka suché vrstvy“) vrstvě, která činí jen několik mm a nenarušují tak architektonický a estetický záměr [8]. Jsou prakticky nerozeznatelné od klasické protikorozní

nátěrové ochrany [6]. Činnost závisí především na tloušťce vrstvy. Další výhodou je nízká hmotnost nátěru a zdánlivě jednoduchá a rychlá aplikace.

4.1 Ocelové konstrukce

Pro ocelové konstrukce má zohlednění chování materiálu za zvýšených teplot velký význam, neboť díky vysoké tepelné vodivosti oceli a obecně větší subtilitě prvků disponuje nechráněný ocelový prvek poměrně malou požární odolností. Je prokázáno, že se zvyšující se teplotou ztrácí ocel své mechanické vlastnosti, při teplotě 400°C klesá únosnost oceli přibližně na polovinu, při 800°C je mez pevnosti oceli pouze 10% meze pevnosti za běžné teploty [9, str. 171-79]. Z uvedeného vyplývá, že ocelové prvky je proti účinkům požáru nutno adekvátně chránit.

Aktivní vrstva intumescentního nátěru aplikovaná na základní nátěr tvoří u ocelových konstrukcí bílý až naředlý souvislý matný povlak, který je chráněn schváleným krycím nátěrem. Potřebná tloušťka vrstvy se určí pomocí dimenzačních tabulek a to v závislosti na požadované požární odolnosti, součiniteli průřezu konstrukčních prvků a návrhové teplotě oceli [10]. Zvýšení požární odolnosti je možné v rozsahu 15-60 minut. Dimenzační tabulky jsou stanoveny na základě zkoušek na staticky zatížených konstrukcích dle ČSN EN 1363-1 [11] a dále dle ČSN EN 13381-8 [12]. Na staticky zatíženém nosníku se považuje za mezní hodnotu ztráta únosnosti a stability (R), která je dána překročením kritické rychlosti průhybu zatěžovaného prvku (20 mm/min), na ostatních prvcích se pak měří překročení mezní teploty cca 472 °C. Tabulky obvykle obsahují i variantní hodnoty pro různá statická zatížení konstrukce [2].

Na základě současných výzkumů se ukazuje zajímavá skutečnost, a tedy že ***aplikace intumescentních nátěrů na uzavřených profilech vykazuje horší výsledky než v případě profilů otevřených***. V této souvislosti byla uskutečněna řada experimentů, problematikou se zabýval mezi jinými i výzkumný tým ETH Zürich ve Švýcarsku. Cílem výzkumu bylo především zhodnotit teplotní vlastnosti intumescentních nátěrů aplikovaných na uzavřených profilech a vytvoření dimenzačních tabulek s ohledem na přizpůsobení a provedení metod, které jsou uznávány pro otevřené profily. Z experimentů vyplynulo, že příčinou problému je ***omezená schopnost intumescentních nátěrů roztahovat se ve dvou směrech a následný vznik prasklin ve vypěněné vrstvě***. Příklad zkušebních těles a výsledků zkoušky jsou patrné z Obr. 4 a Obr. 5 [6, s. 69]. V ČR současné době je při vyhodnocování účinnosti intumescentních nátěrů na tuto skutečnost brán zřetel, jak může vyplývat ze zkušebních testů prováděných v požární zkušebně PAVUS ve Veselí nad Lužnicí. Dimenzační tabulky pro otevřené a uzavřené profily se liší [13].



(b)

Obr. 4 ETH Zürich: Zkušební tělesa 1000mm dlouhé ocelové sloupy uzavřeného profilu, tloušťka profilu variuje mezi 3,6mm až 36mm; (a) před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce [6]



Obr. 5 ETH Zürich: Zkušební těleso během požární zkoušky; vlivem vysokých teplot dochází k vypěnění aktivní zpěňující vrstvy, která vytváří izolační bariéru o mnohonásobném objemu. Protože schopnost nátěru roztahovat se ve více směrech je omezená, vznikají výrazné praskliny, které mohou způsobit opadávání části nátěru.

Důležité je také poznamenat, že intumescentní nátěry lze jako požární ochrany užít také v případě hliníkových konstrukcí, podmínkou je ovšem samostatný expertní posudek, v němž musí být přepočtena limitní teplota, při které dochází ke ztrátě stability konkrétní hliníkové konstrukce při uvažovaném statickém zatížení. K tomu je samozřejmě zapotřebí i příslušný protokol o zkouškách nátěru, ze kterého musí být zřejmý průběh nárůstu teplot, resp. účinnost nátěru. Stejně podmínky platí i pro litinu, obvykle však nelze chránit litinové konstrukce na vyšší požární odolnosti než 30minut [1, s. 106].

4.2 Dřevěné konstrukce

Při aplikaci intumescentních nátěrů na dřevěné konstrukce je možné sledovat zpravidla 3 faktory: *zvýšení požární odolnosti chráněného prvku, omezení indexu šíření plamene po povrchu a snížení hořlavosti (resp. zvýšení třídy reakce na oheň).*

Při zvyšování požární odolnosti prvku lze dosáhnout hodnot v rozsahu až plus 15 minut, z čehož je zřejmé, že aplikace intumescentního nátěru na dřevěné konstrukce je smysluplná při požadavku 30 minut, v závislosti na velikosti průřezu teoreticky i 45 minut. Zkušební procesy se řídí ČSN P ENV 13381 - 7 [14]. V případě, že nátěry slouží pouze ke snížení hořlavosti natíraného povrchu působí obdobně jako nátěry zábranové (viz 2.1). Důraz je kladen především na dokonalejší soudržnost vznikající pěny s podkladem a zároveň musí nátěr vypěňovat při co nejnižších teplotách, protože za kritickou mez deformace zatížené nosné dřevěné konstrukce se považuje průměrná teplota jádra cca 120°C, případně teplota vznícení na povrchu cca 300°C [1, s. 107]. Na trhu jsou k dispozici intumescentní nátěry (např. Dexaryl B Transparent (podklady firma J. Seidl a spol, s.r.o.), jimiž lze snížit reakci na oheň jehličnatého dřeva do třídy B, s klasifikací B/s1/d0 a indexem šíření plamene po povrchu $i_s=0\text{mm/min}$.

Nátěry určené pro dřevěné konstrukce se dále liší především z hlediska aplikace. Nátěr na dřevo se totiž musí do podkladu vsáknout a z tohoto důvodu nelze měřit tloušťku nanesené vrstvy. S ohledem na vsakování se musí kvalita kontrolovat poměrným množstvím spotřebované nátěrové hmoty na natírané ploše [1, s. 102]. Dále je nutné před vlastní aplikací zajistit adekvátní vlastnosti podkladu: podklad by měl být suchý, odmaštěný, zbaven případného starého nátěru, aby nic nebránilo v dokonalém styku a zakotvení na povrchu chráněného dřeva, zvažena by měla být také aplikace ochrany před dřevokaznými škůdci a houbami [10]. Je nutné předem zajistit vzájemnou kompatibilitu obou ochranných vrstev, aby nedošlo k funkčním, popř. barevným změnám, a to ani s delším časovým odstupem. Vrchní uzavírací lak musí být schváleného typu a je nedílnou součástí celého systému. Vzhledem k důrazu, který je kladen na estetickou stránku, jsou intumescentní nátěry na dřevěné konstrukce prováděny také v transparentním provedení se zachováním vykreslení struktury dřeva [15].

4.3 Betonové konstrukce

Uplatnění intumescentních nátěrů na zvýšení požární odolnosti betonových konstrukcí není příliš rozšířeno, nicméně výrobci takovýchto nátěrů existují a v současné době probíhají požární zkoušky, které vlastnosti nátěrů aplikovaných na betonových konstrukcích ověřují a to dle ČSN EN 13381-3 [16]. ***Účinnost ochranného materiálu se vyhodnocuje pomocí parametru efektivní účinné tloušťky, která převádí tloušťku ochranného materiálu na odpovídající tloušťku betonové desky.*** S ohledem na charakteristické chování betonových konstrukcí za požáru je aplikace požární ochrany formou nátěrů diskutabilní, a to jak z hlediska otázky správného konstrukčního návrhu betonového prvku, tak z hlediska ekonomického. Pokud je betonový prvek navržen správně, není aplikace dodatečné ochrany nutná. Prostor pro uplatnění zůstává především při rekonstrukcích, změnách provozů či jiných situacích, kdy dochází ke zvyšování požadavků na požární odolnost stávajících konstrukcí.

4.4 Kabelové rozvody

Další oblastí, ve které jsou intumescentní nátěry hojně používány, je požární ochrana kabelových rozvodů. V tomto případě však nedochází ke zvyšování požární odolnosti, neboť tento parametr u kabelových rozvodů neexistuje. Funkčnost kabelového zařízení je

klasifikována třídou funkčnosti, a to třídou funkčnosti P (při namáhání normovou teplotní křivkou) nebo třídou funkčnosti PH (při namáhání konstantní teplotou 842°C). Třída požární odolnosti (R) je uváděna pouze pro úložné konstrukce a jejich spojovací prvky [17]. Aplikací požárního nátěru můžeme tedy prodloužit funkčnost rozvodu nebo omezit rychlost šíření plamene po jeho povrchu. Znamená to, že po vypěnění musí nátěr bránit přístupu vzduchu a zpomalit hoření izolace, díky vrstvě pěny musí současně snížit teplotu povrchu plastu pod teplotu plastifikace (u PVC přibližně 160-180°C), kdy izolace začíná téci a nátěr tak ztrácí oporu. Problematické je, že většina intumescentních nátěrů při těchto teplotách teprve začíná reagovat a vytvářet pěnu. Proto musí být intumescentní nátěry pro aplikaci na kabelové rozvody řešeny odlišně, aby vznikající pěna měla co největší pružnost a byla pokud možno pevná, hustá a soudržná při nižší tloušťce. Dále se musí vytvářet při nižších teplotách a co nejdéle odolávat mechanickému působení plamene a dalším agresivním vlivům s ohledem na poměry v kabelových kanálech[2].

Příspěvek intumescentních nátěrů k požární odolnosti konstrukčních prvků je stanovován na základě příslušných norem a odpovídajících požárních zkoušek. V příloze 1 jsou pro ilustraci uvedeny fotografie zachycující průběh těchto zkoušek podle [11], [12], [14] a [16] na různých materiálech (dřevo, beton, ocel). Na fotografiích je především patrný vzhled intumescentního nátěru před zkouškou a po ní a dále proces napěňování celého nátěrového systému.

5 Omezení použití intumescentních nátěrů a jejich nevýhody

Jak již bylo uvedeno, jednou z výhod intumescentních nátěrů je fakt, že mohou být použity prakticky na všechny druhy chráněných materiálů. Široká škála možného uplatnění v nás musí ovšem vyvolat otázku ohledně určitých omezení. Přestože je aplikace intumescentních nátěrů zdánlivě snadná, levná a proto i oblíbená varianta řešení nedostatečné požární odolnosti konstrukcí či materiálů, měli bychom při rozhodování zohlednit také nedostatky, které jsou s touto variantou spojeny.

S ohledem na zajištění účinnosti a možné problematické oblasti vymezuje ČSN 73 0810[18] přesné omezení použití intumescentních nátěrů (a jiných požárních ochrany na bázi chemických reakcí) v článku 4.12:

4.12 *Požadovaná požární odolnost konstrukcí musí být při běžném provozu zajištěna po celou předpokládanou životnost stavebního či technologického objektu.*

Zpěňující nátěry, různé nástřiky, folie a jiné ochrany konstrukcí, jejichž funkce je podmíněna chemickou reakcí při požáru a které nemají průkazně ověřenou a zaručenou dostatečnou životnost a musejí se obnovovat, lze užít jen:

a) *na těch částech konstrukcí, které i po zabudování jsou **přístupné** k obnovování ochrany, jakož i ke kontrole stavu těchto ochrany, a*

b) *v případech, kde požadovaná požární odolnost konstrukcí je:*

1)nejvýše 30 minut, jde-li o:

- objekty s požární výškou $h \leq 9$ m, nejvýše však o objekty o čtyřech nadzemních podlažích, včetně vestaveb, nebo

- konstrukce nezajišťující stabilitu objektu nebo jeho části, které se nacházejí v nástavbách posledních dvou nadzemních podlaží v objektech s původní požární výškou $h \leq 22,5$ m (např. krovky),

2)nejvýše 45 minut u jednopodlažních výrobních či skladových objektů s požární výškou $h=0$, c) pokud prokázaná a zaručená doba životnosti ochrany konstrukce v daných podmínkách je do první obnovy nejméně 10 let.

Těchto ochran nelze užít u konstrukcí v podzemních podlažích a u konstrukcí požárních úseků navrhovaných podle ČSN 73 0831[19] (shromažďovací prostory), ČSN 73 0833[20] - OB4 (domy pro ubytování s ubytovací kapacitou větší než 75 osob umístěných nejvýše do 3. nadzemní podlaží nebo 55 osob umístěných do 1. - 8. nadzemního podlaží) a ČSN 73 0835[21] - LZ2 (lůžkové zdravotnické zařízení s více lůžkovými jednotkami).

5.1 Životnost, obnova

Velkým otazníkem v problematice aplikace požárních intumescentních nátěrů je jejich životnost. Podle uvedených požadavků ČSN 73 0810 a dalších předpisů (např. zákon č. 22/1997 Sb. [22]) musí být požární ochrana funkční po celou dobu životnosti stavebního objektu.

Životnost požárních konstrukcí se prokazuje zkouškami ETAG¹. Problematikou požárních ochran se zabývá ETAG 018-1: Požárně ochranné prostředky část 1: Všeobecná ustanovení a ETAG 018-1: Požárně ochranné prostředky část 3: Reaktivní protipožární nátěry pro ochranu ocelových konstrukcí (ETAG není sám o sobě technickým předpisem ve smyslu CPD², ale závazným podkladem při vydávání ETA³ pro výrobky pro stanovené zamýšlené použití). Vlastní prokázání životnosti je problematická záležitost. Je nutné uchovávat vzorky, na kterých se dají provádět prokazatelné zkoušky po určitých časových intervalech. Takovýto postup je evidentně časově náročný (např. pro průkaz životnosti 15 či 20 let), častěji se tedy provádí umělé namáhání vybranými vlivy, které mají proces stárnutí simulovat, nebo se životnost nátěrů většinou odborně odhaduje.

Po uplynutí životnosti je nutné funkceschopnost nátěru ověřit, a to pomocí požární zkoušky. Takovéto ověření je značně nákladné a ve většině případů i nereálné, neboť prvek je nutné z konstrukce vyjmout a do požární zkušebny dopravit, navíc není třeba podotýkat, že se jedná o metodu destruktivní. Velmi ojedinělým příkladem tohoto postupu je ověřování

¹ ETAG European Technical Approval Guideline (Řídící pokyny pro evropská technická schválení): ETAG stanoví rozsah a způsob hodnocení specifických charakteristik výrobku a požadavků na výrobek nebo skupinu výrobků. Obsahují ve vztahu k danému výrobku/sestavě zejména rozsah působnosti, terminologii, návod k posuzování vhodnosti k použití, specifikaci šesti základních požadavků, hlediska trvanlivosti, použitelnosti a identifikace, posuzování a hodnocení vhodnosti k použití, předpoklady a doporučení, podle nichž se posuzuje vhodnost k použití, prokazování a hodnocení shody atd. [33].

² Construction Products Directive (Směrnice 89/106/EHS)

³ EuropeantchnicalApproval (Evropské technické schválení)

funkceschopnosti požárních intumescentních nátěrů firmy Promat aplikovaných na ocelové konstrukce vestibulu stanice metra Rajská zahrada v Praze, kdy je požární zkouškou ověřována životnost vytipovaného segmentu každé dva roky. Přijatelnější možností je požární nátěr po uplynutí životnosti obnovit.

Na základě ČSN 73 0810 je minimální životnost nátěru, který smí být aplikován 10let. Vezmeme-li v úvahu informativní návrhové životnosti uvedené v Tabulce 2.1 ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí [23] (viz. Tab. 1), je zřejmé, že za dobu životnosti stavby bude muset být nátěr několikrát obnoven.

Tab. 1 Informativní návrhové životnosti [23]

Kategorie návrhové životnosti	Informativní návrhová životnost (v letech)	Příklady
1	10	dočasné konstrukce ⁽¹⁾
2	10 až 25	vyměnitelné konstrukční části, např. jeřábové nosníky, ložiska
3	15 až 30	zemědělské a obdobné stavby
4	50	budovy a další běžné stavby
5	100	monumentální stavby, mosty a jiné inženýrské konstrukce
⁽¹⁾ Konstrukce nebo jejich části, které mohou být demontovány s předpokladem dalšího použití, se nemají považovat za dočasné.		

Obnova požárních nátěrů je komplikovaná záležitost, která s sebou ve srovnání s prvotní aplikací přináší poměrně vysoké náklady. Jedná se především o **odstranění původního, již nefunkčního požárního nátěru, který nesmí zůstat jako podkladní vrstva**. V opačném případě by došlo mezi oběma systémy k vytvoření separační vrstvy a hrozilo by odloupenutí vrstvy nového nátěru, který by tak nemohl plnit svou funkci. K odstraňování starých nátěrů se používají různé metody. Jsou to především čistě mechanické postupy, jako je obroušení, oškrabání nebo moderněji otryskávání (pískování) za sucha nebo za mokra, pomocí vhodného abrazivního prostředku, či odstraňování vysokotlakým vodním paprskem [24].

V případě ocelových konstrukcí je nejčastějším postupem otryskávání (také nazýváno tryskání či pískování), přičemž jsou jako abrazivní částice nejčastěji používány ocelové broky, křemičitý písek, ocelová drť či struska. V některých případech se využívá pouze prudký proud vody (v tomto konkrétním případě nelze použít výraz pískování) [25].

Odstraňování nátěru z dřevěných konstrukcí je jednodušší, provádí se zpravidla metodou obrušování, přičemž nátěry lze poměrně snadno odstranit [2]. V tomto smyslu jsou myšleny

především dříve používané nátěry, jejichž hlavní funkční složka byla téměř vždy tvořena ve vodě rozpustnými složkami. Tyto nátěrové systémy se dařilo zpravidla vymýt kartáčem a jednoduše omýt vodou. Dnes používané systémy, např. Dexaryl B Transparent nebo další, se odstraňují daleko obtížněji a obvykle je nutné je opískovat, případně ohoblovat. Zde je dále důležité podotknout, že *předpokládaná životnost těchto nátěrů je 15-20 let a pokud se požární zkouškou životnost 20let prokáže, nemusí být tyto nátěry ve smyslu čl. 4.12 ČSN 73 0810 dále sledovány*[26]. Problematické zůstává řešení obnovy intumescentních nátěrů u historických dřevěných prvků a konstrukcí, kdy je jakákoli úprava, při které dochází k povrchovému poškození dřeva, ztenčování profilů konstrukce a celkově tak ke ztrátě památkových hodnot, nepřípustná. Tato okolnost je jedním z důvodů, proč není z pohledu Národního památkového ústavu aplikace intumescentních požárních nátěrů na historické prvky doporučena [27].

Problematický úkol nastává také v případě odstraňování nefunkčního nátěru aplikovaného na kabelových rozvodech. Aby bylo možné považovat požární nátěr za spolehlivý, musí být těmito nátěry chráněna celá vedení nebo části rozvodů na všech lávkách v celém průřezu kanálu. Pokud jsou nátěrem chráněny pouze některé části rozvodu av uzavřeném prostoru kabelové trasy dojde ke zvýšení teploty nad 200°C (někdy i dříve), dojde k nekontrolovatelnému uvolňování plynných složek změkčovadel z izolací a tyto hořlavé plyny vytvoří (bez ohledu na nátěr) okolo rozvodů plynný obal, který se po dosažení potřebné koncentrace vznítí. Toto vznícení a následný požár proběhne prakticky skokem v celé délce rozvodu a v tomto okamžiku všechny ochrany ztrácejí smysl [2]. Z výše uvedeného vyplývá, že plocha chráněných kabelových rozvodů je značná a případné odstraňování starého nátěru velmi pracné a nákladné, s ohledem na možnou nepřístupnost k některým částem takřka neproveditelné.

Společným jmenovatelem souvisejícím s obnovou požárních nátěrů je velká pracnost a s ní související časová náročnost. Budeme-li předpokládat, že všechny chráněné konstrukce jsou volně přístupné a obnova nátěru není znemožněna, mohou obnovovací práce způsobit přerušování provozu (např. výroba, prodej) na dlouhý časový úsek, v případě kabelových rozvodů je nutné odpojení od elektrického proudu. Takové počínání může být nepřijatelné, ať již z důvodu finančních ztrát či jiných provozních důvodů. Pokud nejsou všechny problematické faktory, které s obnovou intumescentních nátěrů souvisí, důkladně zváženy již při samotném návrhu požárního opatření, mohou po uplynutí životnosti nastat mnohdy neřešitelné komplikace. Tyto jsou v praxi většinou řešeny tím, že se požadavky na obnovu nátěrů ignorují nebo je (v lepším případě) jejich obnova nahrazena jiným požárním opatřením (např. požárními obklady), které by v případě správného přístupu mělo být navrženo již na počátku návrhu. Správné řešení by ušetřilo nejenom finanční prostředky, ale i čas při hledání krkolomných východisek.

5.2 Nutná certifikace, montáž, kontrola

Před uvedením na trh je výrobce povinen nechat posoudit shody s technickými požadavky (č. 22/1997 Sb. [22]), na základě vydaného certifikátu vydat prohlášení o shodě (nařízení vlády č.163/2002 Sb.[28]).Podle tohoto nařízení patří požární nátěry do skupiny výrobků: „Výrobky

pro protipožární ochranné nátěry, obklady a nástřiky“ (Příloha č.2, skupina výrobků 5, pořadové č. 13). Protipožární nátěry se dle vyhlášky 246/2001[29]§ 2, odst. 4 f) řadí mezi zařízení pro omezení šíření požáru a jsou tak hodnoceny jako požárně bezpečnostní zařízení. Podle §6 této vyhlášky (Montáž požárně bezpečnostních zařízení) musí být při montáži požárně bezpečnostního zařízení dodrženy podmínky vyplývající z ověřené projektové dokumentace, popřípadě podrobnější dokumentace a postupy stanovené v průvodní dokumentaci výrobce. Osoba, která provedla montáž požárně bezpečnostního zařízení, potvrzuje splnění předepsaných požadavků písemně. Dále §7 Provoz, kontroly, údržba a opravy požárně bezpečnostních zařízení definuje další podmínky na tato zařízení. Uvedeny jsou mimo jiné minimální intervaly kontroly provozuschopnosti požárně bezpečnostních zařízení (1 rok), požadovaný obsah dokladu o provozuschopnosti ad.

Z předchozího odstavce mimo jiné vyplývá, že aplikaci požárního nátěru může provádět pouze firma proškolená výrobcem systému, která je schopna zaručit, že bude dodržen technologický postup a technologická kázeň a která je schopna svou způsobilost doložit. Veškeré kroky aplikačního postupu podléhají evidenci a následné kontrole a všechny náležitosti musí být písemně doloženy. Pro zjednodušení a zprůhlednění prokazování splnění všech podmínek, které jsou požadovány, připravila Profesní komora požární ochrany ve spolupráci s Ministerstvem vnitra - Generálním ředitelstvím hasičského záchranného sboru ČR v souladu s platnými předpisy vzory dokladů, jejichž používání by zároveň mělo přispět i ke sjednocení přístupu dozorových orgánů. Vzory těchto dokladů (Jednotné doklady ke stavbě z hlediska požární bezpečnosti) jsou mimo jiné dostupné na webových stránkách Profesní komory požární ochrany (www.pkpo.cz). Jejich důležitou součástí je také závěrečný souhrn, který definuje, které doklady jsou pro konkrétní požárně bezpečnostní zařízení (PBZ) vyžadovány. Pro požárně ochranné nátěry jsou vyžadovány následující doklady: ***doklad o montáži PBZ, doklad o oprávnění osob k montáži PBZ, doklad o kontrole provozuschopnosti PBZ, doklad potvrzující požadované vlastnosti z požárně bezpečnostního řešení.***

V této souvislosti je vhodné upozornit na jeden z podstatných problémů, kterým sebou použití intumescentních požárních nátěrů přináší. Přestože je předpokládána odborná aplikace a dodržení všech aplikačních postupů, musíme vzhledem k běžné praxi chápat tento předpoklad jako poněkud nadhodnocený. Působením lidského faktoru často nedochází ke splnění technologických požadavků. Jedná se především o nedodržení správné tloušťky nátěru, dále kvality provedení či nedodržení technologických přestávek, nutných při schnutí jednotlivých vrstev. Důležité je sledovat i další faktory jako je např. relativní vlhkost prostředí (viz. 6.2) atd. [30]. Požární intumescentní nátěr tvoří jeden funkční systém a všechny jeho složky (základní nátěr, funkční vrstva i krycí nátěr) musí mít stejné složení, jaké bylo užito při výrobě zkušebního vzorku. Problém nastává v případě, kdy řada ocelových konstrukcí je na stavbu dodávána již opatřená základním nátěrem a většinou není známo, o jaký základ a na jaké bázi se jedná. V tomto případě by ovšem neměl být požární nátěr aplikován, protože může dojít k jeho selhání, neboť nátěrový systém neodpovídá vzorku, který byl odzkoušen [31]. Ukázalo se, že tloušťka nanášených nátěrů často převyšuje tloušťky požadované, nanášena je úmyslně větší tloušťka, aby nemusel být nátěr dodatečně opravován [6, s.

58].Větší tloušťka než předepsaná ovšem v tomto případě neznamena větší bezpečnost, jak již bylo uvedeno v Kap. 3.

6 Další problematické oblasti

Jak již bylo zmíněno dříve, použití intumescentních požárních nátěrů je vzhledem k jejich charakteristickým vlastnostem a chování omezeno. Následující kapitoly jsou věnovány oblastem, které zatím nebyly konkrétně zmíněny, mohou však být v tomto ohledu problematické a je proto nutné je zohledňovat.

6.1 Nepovolené povrchové úpravy

Důležité je připomenout, že funkceschopnost intumescentního nátěrového systému spočívá na principu vytvoření bariéry a z této podstaty vyplývá, že musí být k dispozici dostatečný prostor, v opačném případě nemůže napěněná vrstva vůbec vzniknout. Tento prostor musí být minimálně 20-30mm, přímý styk se stropem či jinou překážkou je nepřipustný [13]. Dále nesmí být intumescentní nátěry aplikovány na konstrukce, které jsou následně uzavřeny uvnitř sendvičových příček, stropů, u kterých budou nosníky následně zakryty podhledem apod.[3, s. 103]. Možnost vypěnění nesmí být ničím omezena a zamezeno musí být především nepovoleným povrchovým úpravám. Mezi tyto úpravy patří např. různé malby, textilní tapety, obklady z různých materiálů apod., které jsou dodatečně aplikovány na chráněný prvek. Tyto a jim podobné úpravy nejsou v žádném případě s nátěrovým systémem kompatibilní, pokud nebyly společně s nátěrem odzkoušeny v požární zkušebně. V takovémto případě tyto úpravy zároveň neodpovídají technologii schválené výrobcem a dochází k porušení §6 vyhlášky 246/2001 Sb.[29][26].

6.2 Vlhkostní podmínky

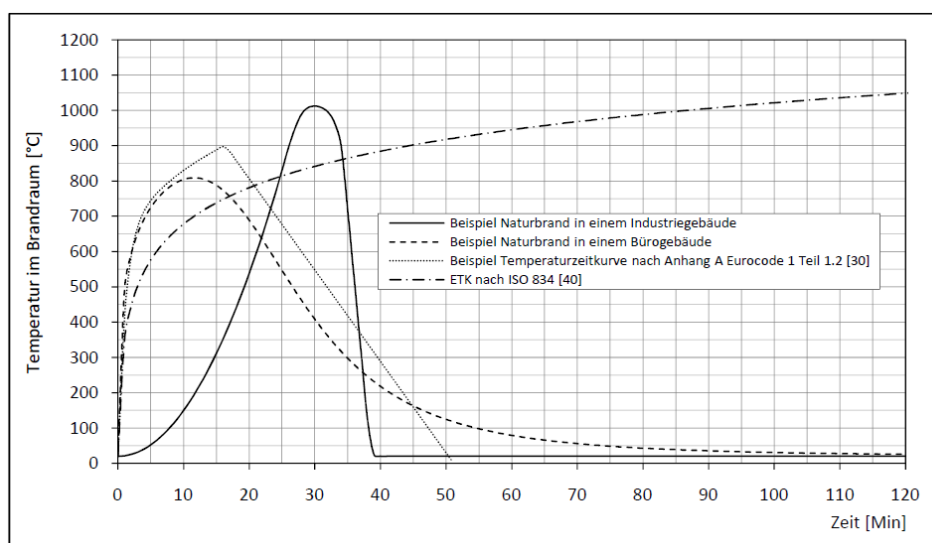
Některé z používaných složek intumescentních nátěrů jsou více či méně rozpustné ve vodě. To znamená, že nátěry *špatně odolávají nejen přímému působení vody, ale nejsou vhodné ani do prostředí s relativní vlhkostí vyšší než ca 80%* a jejich použitelnost je tedy primárně omezena na suchý interiér [5]. Závady mohou vzniknout i tak, že i když je konstrukce určena pro interiér, bývá často zapomínáno na to, že poměrně dlouhou dobu do dokončení stavby bude vystavena povětrnostním vlivům ve venkovním prostředí [31].

Z uvedeného dále vyplývá, že nátěry nemá smysl používat na konstrukce, které jsou v prostorech současně chráněných stabilním hasicím zařízením (sprinklery či vodní clony). Funkceschopnost může skončit ještě dříve, než k vlastnímu požáru dojde (např. při předepsaných funkčních zkouškách sprinklerů), nejpozději však v okamžiku, kdy voda ze sprinklerů při požáru smyje vznikající pěnu z konstrukce [31].

6.3 Požární zkoušky zcela nevystihují skutečné podmínky

Průběh a kvalita vypěňovacího procesu jsou ovlivněny především teplotami, kterým je nátěr vystaven. Při zkouškách ve zkušebních pecích je nátěr vystaven působení teplot podle

normové křivky ISO 834, která se vyznačuje především rychlým nárůstem teplot v počáteční fázi. Pomocí této nominální normové křivky se snažíme zohlednit různé možné průběhy požáru v závislosti na proměnných druzích provozů a dalších parametrech a především sjednotit zkušební procesy a metody posouzení. Při běžných požárech může být průběh teplot ovšem odlišný, nárůst teploty není tak prudký a optimální průběh napěňovací reakce může být narušen. Jedná se především o požáry s pozvolným nárůstem teplot, při kterých není teplo uvolňováno plynule a ve velkém rozsahu [6, s. 40]. Problém spočívá především v tom, že expozice intumescentního nátěru je v každém prostředí jiná a nátěry se budou chovat jinak v administrativní budově nebo v průmyslovém závodě, ve vytápěných prostorách či v prostorách, kde se topí jen v pracovní době a ve skladech, kde se temperuje pouze v zimě. Rozdíly jsou v těchto případech velké a reálné chování intumescentních nátěrů je pouze odhadováno. Odlišné průběhy teplot podle různých teplotních křivek jsou patrné z Obr. 6.



Obr. 6 Příklady některých teplotních křivek (legenda odshora: příklad průběhu teplot v průmyslovém závodě, příklad průběhu teplot v administrativní budově, příklad parametrické teplotní křivky podle přílohy A Eurokódu 1991 – 1 – 2, nominální normová křivka ISO 834) [6, s. 16].

6.4 Identifikace dříve použitých požárních intumescentních nátěrů

V praxi se můžeme často setkat s potřebou dodatečného posouzení požární odolnosti konstrukčních prvků, např. u rekonstrukcí či změn provozů. Posuzované prvky mohou být opatřené požární ochrannou ve formě intumescentních nátěrů, nicméně podklady, které by určovaly, o jaký nátěrový systém se jedná, nejsou k dispozici. Není-li možné doklady deklarující aplikaci dohledat, není možné určit druh požárního nátěru. Pokud není znám výrobce, není možné porovnat požadovanou tloušťku dle dimenzačních tabulek, kterou je příspěvek ochranného nátěru k požární odolnosti konstrukčního prvku definován, a skutečnou aplikovanou tloušťku, která může být v případě ocelových konstrukcí zjištěna měřicími přístroji. Podobná situace může nastat i v případě, že název nátěrového systému je znám, avšak není v současné době již vyráběn, popř. výrobce se již nepohybuje na trhu a není možné doložit použité dimenzační tabulky. Většinou se dá jen velmi obtížně zjistit, kdy byl požární nátěr aplikován, zda byl aplikován správně či zda je stále funkční. Příspěvek požárního nátěru

k požární odolnosti posuzovaného prvku není možné stanovit a musí být tedy použita jiná požární ochrana či jiné konstrukční úpravy, aby byly příslušné požadavky splněny.

S touto problematikou souvisí praktická část této práce, která řeší možnost laboratorní kontroly kvality složení nátěrů (viz Příloha 2)

7 Závěr

Intumescentní požární nátěry disponují mnohými výhodami a jsou proto v poslední době s oblibou využívány ke zvyšování požární odolnosti nosných konstrukcí. Jejich aplikaci je nicméně potřeba důkladně zvážit, a to především s ohledem na problematické oblasti, které jsou s jejich použitím spojeny. Jedná se především o nesnadno prokazatelnou funkční životnost (neboli schopnost plnit svou funkci), velmi obtížnou kontrolu funkceschopnosti a nesnadnou obnovitelnost.

Spolehlivost požárního nátěru se odvíjí od chemického složení, druhu aplikace, povětrnostních podmínek a dalších faktorů. Při návrhu je velmi důležité znát možnosti aplikace a zohledňovat případná omezení, která souvisí především s charakteristickým chování intumescentních nátěrových systémů (např. nutný dostatečný prostor pro vypěnění funkční složky nátěru, vlhkostní podmínky použití atd.). Návrh musí dále zohledňovat fakt, že životnost požárních intumescentních nátěrů je často omezena a z ekonomického hlediska musí uvažovat celkové náklady, které počítají i s případnou obnovou celého ochranného systému po uplynutí prokázané životnosti.

Při návrhu i aplikaci musí být přesně dodrženy a zohledněny podmínky, za kterých byl požární intumescentní nátěr zkoušen. Požární intumescentní nátěr vytváří jeden funkční celek a záměna některé z vrstev nátěrového systému za nekompatibilní složku je nepřijatelná. Nepřijatelné jsou i jakékoli nepovolené dodatečné úpravy či zvětšování tloušťky předepsané výrobcem, neboť funkčnost nátěru není za těchto podmínek odzkoušena a ověřena. Intumescentní nátěr nesmí být během doby jeho funkčnosti upravován, ani mechanicky porušován a prostor pro vypěnění musí zůstat trvale volný, bez dodatečných bariér.

Požární intumescentní nátěr je z legislativního pohledu hodnocen jako požárně bezpečnostní zařízení a v této souvislosti je nutné dodržovat veškeré podmínky, které jsou s tímto zařazením spojeny. Jedná se především o pravidelné a průkazné kontroly funkceschopnosti a další požadavky definované příslušnými právními předpisy.

Součástí semestrální práce je praktická část, která se zabývá ověřením možnosti laboratorní kontroly kvality složení intumescentních nátěrů.

Seznam použité literatury

1. KUPILÍK, V. *Konstrukce pozemních staveb - Požární bezpečnost staveb*. Praha: ČVUT v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04291-5.
2. EDUARD, V. VAŠÁTKO, E. *J.Seidl & spol. s.r.o.: Protipožární nátěry ve stavebnictví* [online]. © 2009 [cit. 2012-11-8]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/publikace/protipozarni-natery-ve-stavebnictvi-61.html>
3. KUPILÍK, V. *Fsv ČVUT Praha: Ochranné systémy stavebních konstrukcí: Protipožární nátěry* [online]. © 2007 [cit. 2012-11-17]. Dostupné z:
4. WANG, Y., et al. *Performance-Based Fire Engineering of Structures*. CRC Press, 2012. ISBN 978-0415557337.
5. HEIDINGSFELD, V. Zpěnitelné protipožární nátěry. In: VANĚČEK, I. a O. KOTLÍKOVÁ. *Ročenka STOP 1999*. Praha: Společnost pro technologie ochrany památek, 2000, s. 64-68. ISBN 80-902668-2-7.
6. RAVEGLIA, E. A. *Grundlagen der Bemessung von intumeszierenden Brandschutzsystemen im Stahlbau*. Zürich: ETH, 2008. Disertační práce.
7. DUQUESNE, S., et al. *Intumescent paints: fire protective coatings for metallic substrates*. 2003. Proceedings of Symposium G on Protective Coatings and Thin Films-03, of the E-MRS, Surface and Coatings Technology. doi: 10.1016/j.surfcoat.2003.10.075. Dostupné také z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897203012209>
8. J.E.J. STAGGS, R.J. C. R. B. A theoretical and experimental investigation of intumescent behaviour in protective coatings for structural steel. *Chemical Engineering Science*. 26 March 2012, č. Volume 71, s. 239-251
9. WALD, F. A. K. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.
10. KOZINOVÁ, L. Intumescentní protipožární nátěry. *Povrchové úpravy*. Praha: Press Agency, s.r.o., 2008, č. roč.11, č.4, s. 16-17. ISSN 0551-7354.
11. *ČSN EN 1363-1 - Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky*. Praha: ČNI, 2000
12. *ČSN EN 13381-8 Zkušební metody pro stanovení příspěvku k požární odolnosti konstrukčních prvků - Část 8: Reaktivní ochrana aplikovaná na ocelové prvky*. Praha: ÚNMZ, 2010
13. VAŠÁTKO, E. *J.Seidl & spol., s.r.o.: Charakteristika protipožárních nátěrů na stavební nosné konstrukce* [online]. © 2009 [cit. 2012-11-14]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/pozarni-materialy-kam-se-co-hodi/01-ocelove-konstrukce/charakteristika-protipozarnich-nateru-na-stavebni-nosne-konstrukce-76.html>

14. ČSN P ENV 13381-7: Zkušební metody pro stanovení příspěvku k požární odolnosti konstrukčních prvků- Část 7: Použitá ochrana dřevěných prvků7. Praha: ÚNMZ, 2003
15. Luing Požární ochrana staveb: Požární nátěrové systémy - dřevěné konstrukce [online]. [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: http://www.luingpyrex.cz/l-stavebni_konstrukce_pns_drevo.php
16. ČSN P ENV 13381-3 Zkušební metody pro stanovení příspěvku k požární odolnosti konstrukčních prvků - Část 3: Použitá ochrana betonových prvků. Praha: ÚNMZ, 2003
17. BUCHTOVÁ, J. J.Seidl & spol., s.r.o.: Kabely a kabelové systémy [online]. © 2008 [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/technicky-zpravodaj/technicky-zpravodaj-34/kabely-a-kabelove-systemy-51.html>
18. ČSN 73 0810 - Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení + ZI (2012). Praha: ÚNMZ, 2009
19. ČSN 73 0831 Požární bezpečnost staveb - Shromažďovací prostory. Praha: ÚNMZ, 2011
20. ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování. Praha: ÚNMZ, 2010
21. ČSN 73 0835 Požární bezpečnost staveb - Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče. Praha: ČNI, 2006
22. Zákon č.22 ze dne 24. ledna 1997 o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů.
23. ČSN EN 1990 ed.2: Eurokód:Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ÚNMZ, 2011
24. HEIDINGSFELD, V. Metody odstraňování fasádních nátěrů. Zpravodaj STOPčasopis Společnosti pro technologie ochrany památek. Slaný: Společnost pro technologie ochrany památek, 1999, s. 21-23. ISMN ISSN 1212-4168.
25. Otryskávání. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Otrysk%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD>
26. osobní konzultace Eduard Vašátko (J.Seidl & spol.,s.r.o.).
27. KUČOVÁ, V. Metodické vyjádření k používání chemických protipožárních nátěrů na historické dřevěné prvky a dřevěné konstrukce. Praha: 2012. Národní památkový ústav, Ústřední pracoviště.
28. Nařízení vlády č. 163/2002 Sb.ze dne 6. března 2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění nařízení vlády č.312/2005 Sb. ze dne 13. července 2005.
29. Vyhláška Ministerstva vnitra ze dne 29.června 2001 o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci).
30. VAŠÁTKO, E. J. Seidl & spol.,s.r.o.: Úvahy nad požární ochranou stavebních konstrukcí [online]. © 2009 [cit. 2012-11-8]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/pozarni-materialy-kam-se>

co-hodi/01-ocelove-konstrukce/charakteristika-protipozarnich-nateru-na-stavebni-nosne-konstrukce-76.html

31. VAŠÁTKO, E. *J.Seidl & spol. s.r.o: Některé chyby a omyly při projektování a aplikaci prostředků, zvyšujících požární odolnost stavebních konstrukcí* [online]. © 2011 [cit. 2012-říjen-22]. Dostupné z: <http://www.seidl.cz/cz/technicky-zpravodaj/technicky-zpravodaj-39/nektre-chyby-a-omyly-pri-projektovani-a-aplikaci-prostredku-zvysujicich-pozarni-odolnost-stavebnich-konstrukci-336.html>
32. CHEMPOINT *Vědci pro průmysl a praxi: Rentgenová fluorescenční spektrometrie* [online]. © 21. 12. 2011 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/rentgenova-fluorescencni-spektrometrie>
33. BAČÁKOVÁ, M. *Portál českého stavebnictví: Právní předpisy ES pro stavební výrobky* [online]. © 2009 [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: <http://www.ceskestavebnictvi.cz/rubrika.html?k=14&l=1.6.6.2>

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma rozdělení požárních nátěrů včetně jejich aplikace [3]	4
Obr. 2 Struktura intumescentního nátěru [3].....	5
Obr. 3 Ideální průběh zpěňovacího procesu. Pro vytvoření účinné bariery je nutná pomalá difuze plynů. Tento průběh není docílen, pokud je viskozita taveniny příliš nízká nebo příliš vysoká. [7]	6
Obr. 4 ETH Zürich: Zkušební tělesa 1000mm dlouhé ocelové sloupy uzavřeného profilu, tloušťka profilu variuje mezi 3,6mm až 36mm; (a) před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce [6]	8
Obr. 5 ETH Zürich: Zkušební těleso během požární zkoušky; vlivem vysokých teplot dochází k vypěnění aktivní zpěňující vrstvy, která vytváří izolační bariéru o mnohonásobném objemu. Protože schopnost nátěru roztahovat se ve více směrech je omezená, vznikají výrazné praskliny, které mohou způsobit opadávání části nátěru.....	8
Obr. 6 Příklady některých teplotních křivek (legenda odshora: příklad průběhu teplot v průmyslovém závodě, příklad průběhu teplot v administrativní budově, příklad parametrické teplotní křivky podle přílohy A Eurokódu 1991 – 1 – 2, nominální normová křivka ISO 834) [6, s. 16].	16
Obr. 7 Požární zkouška intumescentního nátěru na ocelových prvcích uzavřeného průřezu (čtvercový a kruhový průřez) a otevřeného průřezu (HEB); (a) zkušební tělesa před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce	22
Obr. 8 Průběh požární zkoušky na ocelových prvcích	22
Obr. 9 Detailní pohled na ocelový sloup uzavřeného kruhového průřezu; (a) před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce.	23
Obr. 10 Tloušťka napěněné funkční vrstvy je nesrovnatelně větší než tloušťka původního nátěru.....	23
Obr. 11 Požární zkouška intumescentního nátěru na dřevěné konstrukci; (a) nosník před zkouškou, (b) po zkoušce	24
Obr. 12 Pohled na zkušební pec během požární zkoušky	24
Obr. 13 Betonový nosník opatřený intumescentním nátěrem před požární zkouškou (a) a po požární zkoušce (b). Viditelné jsou praskliny i částečné opadání nátěru vlivem vysokých teplot.....	25
Obr. 14 (a) Betonová deska opatřená intumescentním nátěrem před požární zkouškou, (b) detailní pohled na termočlánky snímající teplotu v požární peci.	25
Obr. 15 Průběh požární zkoušky intumescentního nátěru na betonové desce.....	25
Obr. 16 Universální rentgenfluorescenční spektrometr SPECTRO XEPOS	26
Obr. 17 Analyzované vzorky, všechny vrstvy intumescentního nátěru jsou barevně rozlišeny (aktivní vrstva vždy uprostřed); (a) vzorek č. 1 a č. 2 (krycí vrstva je zelený nátěr), (b) vzorek č. 3, (c) vzorek č. 4	27
Obr. 18 (a) Odebrané vzorky; (b) odebrané vzorky umístěné v měřicím přístroji před začátkem analýzy.	28
Obr. 19 Chemické složení analyzovaných vzorků; nejvíce zastoupené prvky Na (sodík), Mg (hořčík), Al (hliník), P (fosfor), Cl (chlor), Ti (titan).....	28

PŘÍLOHA 1: Obrazová příloha požárních zkoušek intumescentních nátěrů v požární zkušebně PAVUS Veselí nad Lužnicí

Uvedené snímky pochází z archívu požární zkušebny PAVUS Veselí nad Lužnicí popř. byly některé snímky pořízeny během požární zkoušky intumescentního nátěru na betonové desce konané dne 26.11.2012 tamtéž:

Intumescentní nátěry na ocelových konstrukcích



(a)

(b)

Obr. 7 Požární zkouška intumescentního nátěru na ocelových prvcích uzavřeného průřezu (čtvercový a kruhový průřez) a otevřeného průřezu (HEB); (a) zkušební tělesa před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce



Obr. 8 Průběh požární zkoušky na ocelových prvcích



(a)



(b)

Obr. 9 Detailní pohled na ocelový sloup uzavřeného kruhového průřezu; (a) před požární zkouškou, (b) po požární zkoušce.



Obr. 10 Tloušťka napěněné funkční vrstvy je nesrovnatelně větší než tloušťka původního nátěru.

Intumescentní nátěry na dřevěných konstrukcích



Obr. 11 Požární zkouška intumescentního nátěru na dřevěné konstrukci; (a) nosník před zkouškou, (b) po zkoušce



Obr. 12 Pohled na zkušební pec během požární zkoušky

Intumescentní nátěry na betonových konstrukcích



(a)

(b)

Obr. 13 Betonový nosník opatřený intumescentním nátěrem před požární zkouškou (a) a po požární zkoušce (b). Viditelné jsou praskliny i částečné opadání nátěru vlivem vysokých teplot.



(a)



(b)

Obr. 14 (a) Betonová deska opatřená intumescentním nátěrem před požární zkouškou, (b) detailní pohled na termočlánky snímající teplotu v požární peci.



Obr. 15 Průběh požární zkoušky intumescentního nátěru na betonové desce

PŘÍLOHA 2: Praktická část: Možnosti laboratorní kontroly kvality složení intumescentních nátěrů

Úvod

Požární intumescentní nátěry jsou reaktivní nátěry s vysokým obsahem organických aditiv, které mohou podléhat agresivním vlivům prostředí. Vzhledem k tomu, že jejich funkceschopnost, neboli správné napětí a vytvoření tepelné bariéry, je úzce spojeno s chemickým složením nátěru, je zřejmé, že životnost nátěrových systémů je omezena. Některé dlouhodobé zkoušky stárnutí ukázaly, že snížení funkceschopnosti nátěru po 10 letech se za optimálních podmínek uložení může pohybovat až okolo 10-15% [2].

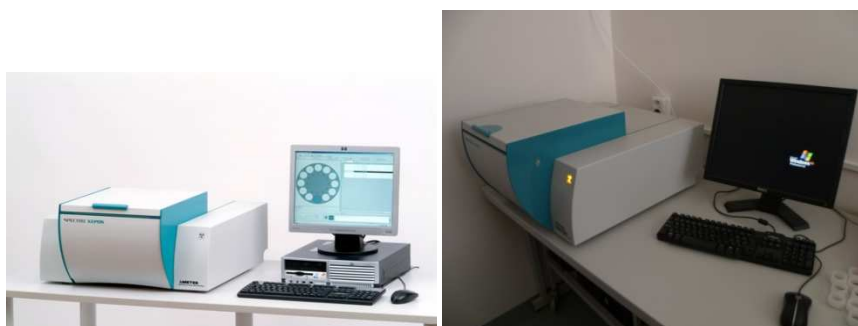
Cíl

Předmětem praktické části semestrální práce je:

- Ověření, zda je pomocí universálního spektrometru možné určit složení funkční složky konkrétního intumescentního nátěru. Hlavní myšlenka je taková, že pokud by bylo možné chemické složení odebraného vzorku přesvědčivě definovat, bylo by umožněno i porovnání složení nátěrů aplikovaných s určitým časovým odstupem.
- Analýza složení aktuálně aplikovaného nátěru a analýza stejného typu nátěru, který byl ovšem aplikován před několika lety. Srovnáním by bylo možné pozorovat změny, které se vlivem stárnutí ve složení nátěrů projeví a stanovit tak kvalitu složení.

Měřicí přístroj

Přístroj použitý pro analýzu je universální rentgenfluorescenční spektrometr SPECTRO XEPOS (Obr. 16), který má k dispozici laboratoř Katedry konstrukcí pozemních staveb (K124) na Fakultě stavební ČVUT v Praze.



Obr. 16 Universální rentgenfluorescenční spektrometr SPECTRO XEPOS

Rentgenová fluorescenční spektrometrie je metoda, jejíž počátky sahají až do prvních let 20. století. První komerční prototyp fluorescenčního spektrometru byl vyroben v 50. letech 20. století. Principem metody je interakce rentgenového záření, které emituje rentgenka, se

vzorkem. Při této interakci dochází k vyražení elektronu z vnitřních slupek zkoumané látky. Následně dojde k přesunu elektronu z vyšších energetických hladin a vyzáření sekundárního rentgenového záření, které je charakteristické pro všechny prvky. Toto záření je poté detekováno na detektoru [32].

Vzorky

Analyzované vzorky nátěru poskytla firma Promat, s.r.o. Jedná se aktivní vrstvu intumescentního požárního nátěru na ocelové konstrukce PROMAPAINTE, který byl mj. aplikovaný v roce 1999 jako požární ochrana ocelových konstrukcí vestibulu stanice metra Rajska zahrada. Analyzovány byly celkem 4 vzorky:

Vzorek č. 1: odebrán z nátěru aplikovaného v roce **1999** uskladněného v sídle firmy Promat (vzorek byl odebrán v části, kde aktivní vrstva nebyla chráněna krycím nátěrem), Obr. 17 (a).

Vzorek č. 2: odebrán z nátěru aplikovaného v roce **1999**, uskladněného v sídle firmy Promat (vzorek byl odebrán v části, kde aktivní vrstva byla chráněna krycím nátěrem), Obr. 17 (a).

Vzorek č. 3: odebrán z ukázkového vzorníku, aplikace cca v roce **2007**, Obr. 17 (b).

Vzorek č. 4: odebrán z ukázkového příkladu aplikace, který byl za tímto účelem vyroben v roce **2012**. Jedná se o část ocelového prvku opatřeného intumescentním nátěrem tak, aby byly viditelné všechny vrstvy nátěrového systému (základní nátěr, funkční vrstva, krycí nátěr). Tento prvek bude dále sloužit jako výuková pomůcka pro demonstraci principu intumescentních nátěrů fungujících jako funkční celek, Obr. 17 (c).



(a)



(b)

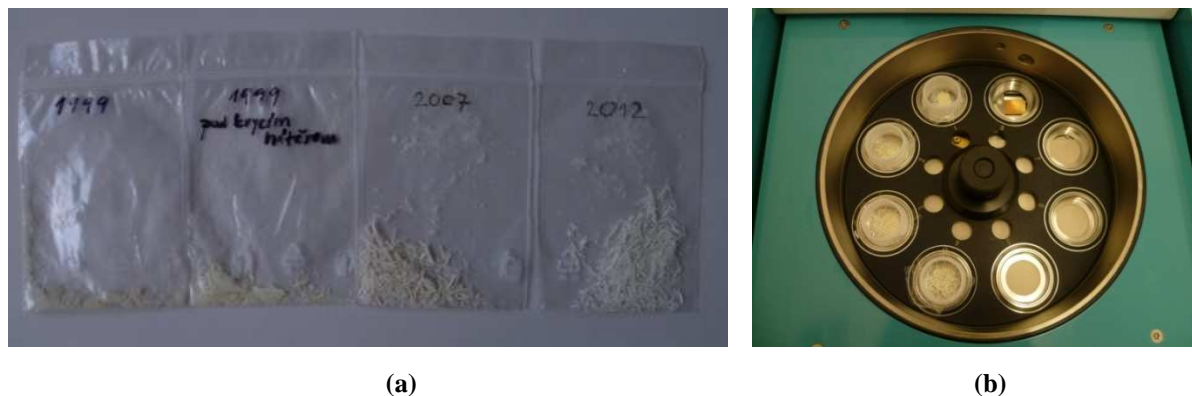


(c)

Obr. 17 Analyzované vzorky, všechny vrstvy intumescentního nátěru jsou barevně rozlišeny (aktivní vrstva vždy uprostřed); (a) vzorek č. 1 a č. 2 (krycí vrstva je zelený nátěr), (b) vzorek č. 3, (c) vzorek č. 4

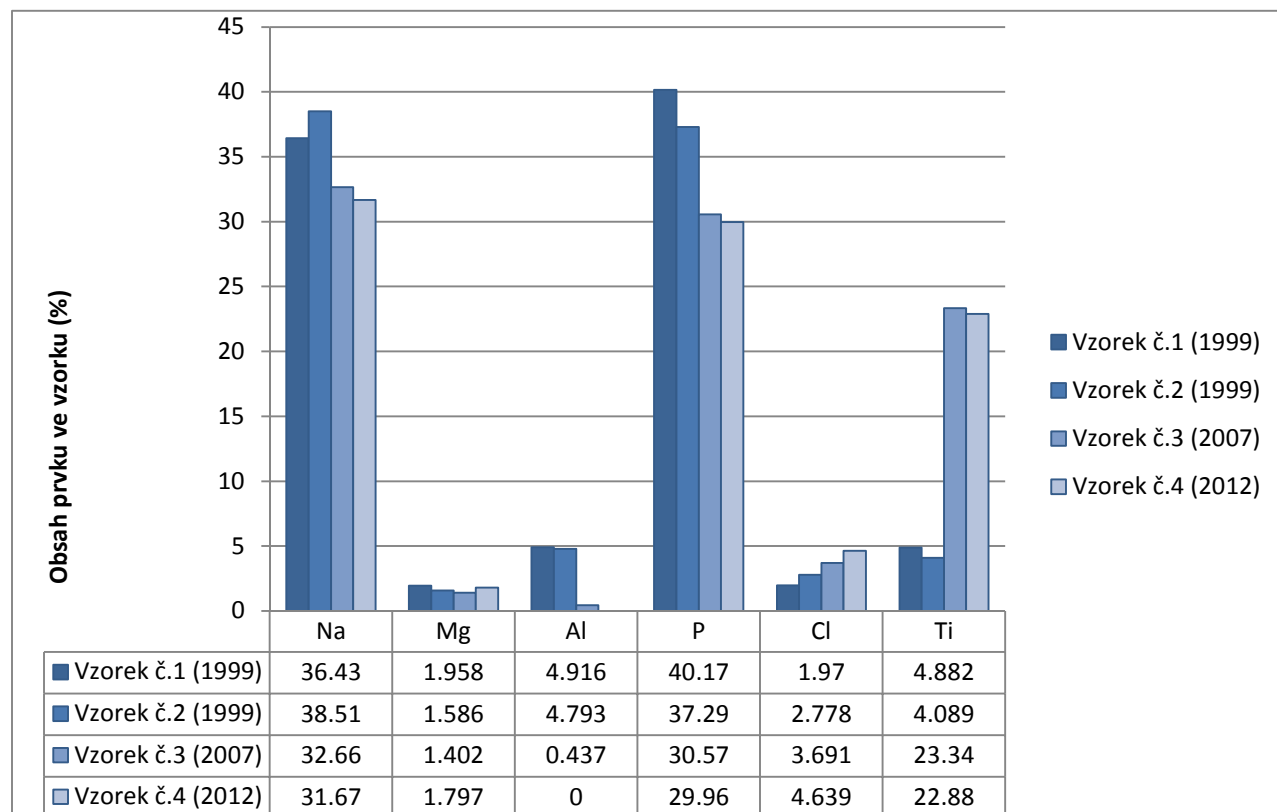
Analýza

Odebrané vzorky byly připraveny pro analýzu a umístěny do spektrometru (Obr. 18). Analýza probíhala přibližně 40min, 10min každý vzorek. Chemické složení vzorků bylo zpracováno a vyhodnoceno pomocí softwaru, jenž je součástí měřicího přístroje. Výsledkem měření bylo stanovení procentuální koncentrace obsažených prvků. Nejvýrazněji zastoupené prvky jsou znázorněny v grafu znázorňujícím chemické složení analyzovaných vzorků (Obr. 19).



Obr. 18 (a) Odebrané vzorky; (b) odebrané vzorky umístěné v měřicím přístroji před začátkem analýzy.

Z grafu je mimo jiné patrné, jak se obsah jednotlivých prvků v časovém horizontu měnil. Upozornit lze především na odlišný obsah chloru u vzorku č. 1 a č. 2, který je větší u prvku chráněného krycím nátěrem, u něž nemohlo dojít k jeho uvolnění. Dále je možné pozorovat rozdílné zastoupení hliníku a titanu u starších (1999) a novějších (2007, 2012) vzorků. Titan, který je ve formě nehořlavého kysličníku titaničitého TiO_2 používán pro vytváření ochranných atmosfér a bariér hoření, pravděpodobně ve složení nahradil hliník, který mohl tuto funkci obstarávat dříve. Je patrné, že v průběhu času došlo k úpravám receptury nátěru.



Obr. 19 Chemické složení analyzovaných vzorků; nejvíce zastoupené prvky Na (sodík), Mg (hořčík), Al (hliník), P (fosfor), Cl (chlor), Ti (titan).

Závěr

Analýza odebraných vzorků ukázala, že je možné pomocí univerzálního spektrometru stanovit chemické složení aktivní vrstvy intumescentního nátěru. Z naměřených hodnot je zřejmé, že chemické složení jednotlivých vzorků je odlišné. Tyto změny mohou být způsobeny stárnutím a degradací obsažených látek nebo změnou receptury, která byla v rámci technologického vývoje upravována.

Analýza chemického složení aktivní vrstvy intumescentních nátěrů může být využívána např. jako:

- prostředek pro sledování změn ve složení nátěrů vlivem stárnutí a případné degradace některých složek
- kontrola kvality aplikovaných nátěrů (porovnáním s předepsaným složením od výrobce lze stanovit, zda bylo složení nátěru upravováno, např. dodatečným ředěním apod.)
- identifikace dříve použitých požárních intumescentních nátěrů, ke kterým není dostupná dokumentace (porovnáním složení neznámého nátěru s databází používaných intumescentních nátěrů)