

Vývoj nátěrových hmot s vysokou korozní odolností pro všeobecné použití

Jakub Svoboda^{1,*}

¹ ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie, Technická 4, 166 07 Praha 6, Česká republika

Abstrakt

Práce je zaměřena na testování nátěrových systémů pro všeobecné technické použití. Cílem práce bylo ověření fyzikálně – mechanických a ochranných vlastností těchto systémů. Výsledky byly interpretovány a konzultovány s výrobcem, který navrhl pokračování v testování nových a stávajících nátěrových systémů s upraveným složením v souladu s těmito výsledky. Projekt byl řešen v rámci centra výzkumu povrchových úprav (dále jen CVPÚ).

Klíčová slova: Defekty nátěrových systémů, nátěrové hmoty, koroze, adheze, solná mlha, kondenzace, cyklické testování

1. Úvod

Koroze je neustálým problémem pro průmysl a ekonomii. Degradace materiálu ovlivňuje řadu vlastností materiálu a v důsledku koroze může dojít k defektům a ztrátě životnosti materiálu. Hlavním problémem je působící koroze na místech, kde je důležitá bezpečnost, jako například mostové konstrukce, ocelové konstrukce, přístavní zařízení, letectví atd. Odhady ekonomických ztrát se pohybují okolo 3 až 4% HDP u většiny průmyslových zemí. Ztráta materiálu v důsledku koroze může být snížena až o 30% za předpokladu správné protikorozi ochrany materiálu. Prohlubování znalostí a předávání zkušeností v korozním inženýrství je velmi důležité, může nám do budoucna zaručit vývoj nových, tak stávajících technologií pro ochranu proti korozi a být schopný tyto technologie moudře použít [1].

2. Korozní problematika a seznámení s experimentální částí projektu

Korozní zkušebnictví má za úkol korozními testy, buď dlouhodobými nebo i zrychlenými určit vhodnost daného nátěru nebo nátěrového systému pro navrhované podmínky. Je proto důležité vhodně zvolit typ zkoušek. Ze skupiny zrychlených zkoušek lze dále volit zkoušky jednofázové či cyklické. Jako korozní zkoušky byly vybrány trvalá kondenzace vody dle ČSN EN ISO 6270-2 a zkouška neutrální solnou mlhou dle ČSN EN ISO 9227. Z fyzikálně mechanických zkoušek byly vybrány následující: stanovení tloušťky nedestruktivně elektromagnetickou metodou, zkouškou přilnavosti mřížkou dle ČSN EN ISO 2409, přilnavosti nátěru odtrhovou zkouškou dle ČSN EN ISO 4624 a přilnavost křížovým řezem dle ASTM D 3359.

2.1. Nátěry a jejich vady

Pro testování byly dodány jedno až třívrstvé nátěry a systémy zahrnující nejpoužívanější typy. Vodou ředitelné, syntetické a polyuretanové. Pro určení antikorozi vlastností byly na vzorcích do solné mlhy zhotoveny umělé defekty v podobě podélného řezu. Z těchto defektů jsou potom určovány antikorozi vlastnosti, jak základní

vrstva chrání materiál proti korozi v případě porušení nátěru nebo systému. Dále se pomocí defektu určuje podkořodování pod základní nátěr. Jak se potvrdilo, zkouška trvalou kondenzací je velice náročná z hlediska aktivity vody a její propustností nátěrem. Prvním projevem jsou potom puchýře. Tyto puchýře nejčastěji detekují špatně předupravený podklad. Naproti tomu, zkouška solnou mlhou více detekuje pórovitost nátěru, kudy se chloridové ionty dostanou k podkladu a poté jimi na povrch prostupují korozní produkty. Na Obr. 1 je vzorek s defektem po zkoušce solnou mlhou. Obr. 2 ukazuje značný výskyt puchýřů na funkční části povlaku dvouvrstvého vodou ředitelného nátěrového systému.



Obr. 1. Vzorek s umělým defektem po expozici 720 hodin v solné mlze (3. vrstvý nátěrový systém).



Obr. 2. Ukázka puchýřů na 2. vrstvě vodou ředitelném nátěrovém systému po expozici 150 hodin v solné mlze.

* Kontakt na autora: jakub.svoboda1@fs.cvut.cz

2.2. Degradací faktory a životnost nátěrů

Každý materiál v průběhu své životnosti degraduje a stárne vlivem účinků životního prostředí. Často hovoříme nejen o korozi oceli, ale i dřeva a betonu. Názvosloví koroze a degradace materiálu je v oboru kovových a nekovových materiálů nejednotné.

Degradaci a životnost nátěrů ovlivňuje makroklima a mikroklima, které svými faktory výrazně ovlivňuje důsledky vzniku koroze [2,3].

2.2.1. Makroklima

Makroklimatem, které ovlivňuje svými faktory degradaci, a životnost nátěrů myslíme:

1. Kyslík v atmosféře, který se podílí na základních degradačních reakcích
2. Sluneční záření, působící jako sluneční záření, tak difusní záření
3. Teplota vzduchu, ovlivňující teplotu nátěru a rychlost degradace
4. Vlhkost vzduchu, základním faktorem koroze, nejen u kovových materiálů
5. Polutanty v atmosféře, jedná se zejména o oxidy, síry, dusík, ozón atd.

Tabulka 1. Hodnocení stupně korozní agresivity [2]

	Stupeň korozní agresivity
C1	Velmi nízká
C2	Nízká
C3	Střední
C4	Vysoká
C5I (C5M)	Průmyslové a přímořské
CX	Extrémní

2.2.1. Mikroklima

Rozhodujícím pro degradační procesy a jejich rychlost je mikroklima. Mikroklima je prostředí, vytvářené bezprostředně okolo natřeného materiálu. Jde zejména kolísání teploty okolo materiálu, které vnáší mezi materiál a nátěrový systém pnutí. Toto pnutí vyvolává síly působící proti kohezní pevnosti, stejně tak působí proti přilnavosti mezi povlakem a podkladem, tedy ke ztrátě adheze [2].

3. Současné trendy nátěrových hmot v korozním zkušebnictví

Současnost nám nabízí řadu nových trendů v oblasti povrchových úprav, které značně přispívají k rozvoji v této oblasti.

3.1. Surface tolerant coatings a nátěry na nedokonalé očištěném povrchu

Termín „Surface-Tolerant Coatings“ je dnes hojně používán, ale každý si ho vysvětluje jinak. Někdo se domnívá,

že povlak lze zhotovit na mokrý povrch, zrezavělý povrch, anebo na povrch obsahující rozpustné soli. Do skupiny „surface tolerant“ mohou být dle výrobců nátěrových hmot zařazeny materiály různé pojivové báze, jako například olejové nátěry.

Vynikající zkušenosti se suříkovými olejovými nátěry nemohou být využity pro vlastnost suříku, který je toxický. Ve lněném oleji lze použít oxid zinečnatý - ZnO a sulfonát vápenatý. Nejvíce se v této oblasti používají materiály na bázi epoxidových pojiv. „Surface tolerant“ povlaky se musí použít uvážene s ohledem na stav natíraného povrchu a získané zkušenosti. V současné době se výzkum zaměřuje na organické povlaky pro nedokonalé očištěné ocelové povrchy (jsou prováděny urychlené korozní zkoušky) [4].

3.2. Hořčík v nátěrových systémech

V současné době se věnuje pozornost ochranným vlastnostem nátěrů obsahujícím jako účinnou složku hořčíkové částice. Na povrchu hořčíku se v běžných atmosférických podmínkách nevytváří oxidická vrstva, jako je tomu například u hliníku. To je významné zejména z hlediska elektrochemického potenciálu, z jehož pohledu se ve spojení s uhlíkovou ocelí chová jako obětovaná anoda. Současně se v USA provádí výzkumné práce, které jsou zaměřeny na ochranu proti korozi hliníku a jeho slitin nátěry obsahujícími v základním nátěru hořčík. Nátěrové systémy s částicemi hořčíku jsou používány zejména pro ochranu výrobků v letectví. Pro vyhodnocení korozní aktivity se u těchto typů nátěrových systémů běžně používají metody SVET (scanning vibrating electrode technique) a SECM (scanning electrochemical microscopy). Metoda SVET umožňuje sledovat aktivitu korozních důlků na podklad pod nátěrem v závislosti na době ochrany natřeného povrchu materiálu nátěrovým systémem s hořčíkovými částicemi. Metoda SECM umožňuje přímo sledovat citlivost katodické aktivity nad elektrodou. Výsledky často ukazují, že hořčík působí příznivě tak, že nejprve dojde k zabránění vzniku korozních důlků a inhibicí existujících korozních důlků, poté dochází k vysrážení oxidu hořečnatého a zvýšení bariérových vlastností nátěrů [5].

3.3. Fluoropolymerová pojiva

S moderními nátěrovými systémy souvisí i vývoj nových druhů pojiv, z nichž jsou nátěrové hmoty vyrobené. Tyto nátěry by měly zajistit při přiměřené údržbě ochranu materiálu po dobu 100 a více let, proto se v Japonsku zaměřili na výzkum nových druhů pojiv, zejména na bázi fluoropolymerů. Fluoropolymery vykazují vynikající odolnost proti korozi v různých prostředích. Pro povlaky se používaly disperze, které se převáděly na ochranný povlak setrváním na teplotě 200 °C. Fluoropolymery nejsou rozpustné v běžných rozpouštědlech, což je nepříznivé z hlediska jejich aplikace. Nejvíce rozšířené jsou disperze polyvinyliden fluorid (PVDF) a to zejména v oblasti povrchové úpravy kovových pásů. Další propracované fluoropolymery označované jako pryskyřice fluoroethylene vinyl ether (FEVE) jsou rozpustné v rozpouštědlech a mohou být emulgovány ve vodě [6].

3.4. Moderní zkušební postupy nátěrových hmot

Zkušební postupy nátěrových hmot jsou popsány pomocí řady mezinárodních norem. Tento obor jde poměrně pomalým tempem dopředu a vyvíjí se řada nových moderních postupů. Některé navrhované postupy, které pro danou fázi vymezují krátkodobý pobyt zkušební vzorku ve zkušebním zařízení při určité teplotě, neberou v úvahu skutečnost, že pro průběh určité změny v nátěru je nutné vymezit potřebný čas (navlhlost, vysušení atd.).

Jedním z novějších metod zkoušení nátěrových systémů je zabudování čidel do nátěru. Aplikace zabudovaných čidel byla vyvinuta pro sledování ochranných vlastností organických povlaků. Monitorování pomocí zabudovaných čidel ukazuje vhodnost zabudovaných čidel pro sledování změn na rozhraní základní nátěr/podklad, které se nedají detekovat jiným způsobem [7].

3.4. Zvýšení protikorozní ochrany pomocí duplexních systémů

Duplexní systémy jsou založeny na dvojité ochraně materiálu proti korozi, využívají kovové povlaky a povlaky z organických nátěrových hmot. Jedná se o ochranu oceli ve vysokém stupni klasifikace korozního prostředí. Vrstva zinku brání oxidaci železa, zatímco přídatný nátěrový systém brání proti pronikání vlhkosti a obecnému poškození pozinkovaného povrchu [8].



Obr. 3. Jedna z prvních švédských konstrukcí s duplexním povlakem – Maják Pater Noster (v roce 1868 byl zároveň pozinkován a potom byl aplikován nátěrový systém) [9].

Životnost organických hmot závisí především na propustnosti a odolnosti proti degradaci daného nátěrového systému (dále jen NS). NS je všeobecně směs nátěrové hmoty, tužidla, ředidla a případně dalších aditiv. S rostoucí dobou expozice organické nátěrové hmoty v atmosférických podmínkách se stává vnější ochrana stále propustnější a začíná degradovat. Degradace organické nátěrové hmoty vyvolává řadu změn a defektů v této vrstvě, těmito defekty jsou myšleny nejčastěji póry, které se postupem času rozšiřují a pronikají až k substrátu a korozně ho napadají. Korozní produkty vznikající na hranici povlak – substrát, postupně zvětšují svůj objem a dochází ke ztrátě přilnavosti mezi substrátem a povlakem, tedy ztrátě adheze. V mnohých příkladech rozlišujeme, zda má povlakový kov v daném prostředí vyšší či nižší elektrodový potenciál. Nepoškozený kovový povlak chrání ocel bez ohledu na ušlechtilost povlakového kovu, do té doby, kdy je kov na povrchu oceli přítomen. V případě porušení kovového povlaku z ušlechtilého kovu se povlakový kov stává katodou, ocelová anoda dříve koroduje [10].

4. Experimentální část projektu

Cílem experimentální práce, řešené v rámci projektu CVPÚ, bylo ověření fyzikálně-mechanických a ochranných vlastností nátěrových systémů zhotovených z vodou ředitelných nátěrových hmot (3 varianty), nátěrů a nátěrových systémů z rozpouštědlových nátěrových hmot (20 variant), určených pro ochranu kovových povrchů pro prostředí korozní agresivity stupně C3 až stupně C4 (ČSN EN ISO 12944 - 2), které jsou z hlediska korozního namáhání charakteristické pro naše podmínky. Jedná se o nátěrové systémy navržené výrobcem nátěrových hmot fy COLORLAK a.s. Uherské Hradiště.

Pro srovnání ochranné účinnosti nátěrových systémů z rozpouštědlových nátěrových hmot byly do zkoušek zařazeny dva rozpouštědlové nátěrové systémy zahraniční výroby fy Hempel a fy DuPont.

4.1. Příprava zkušebních vzorků

Ve ZVVZ Machinery a.s. Milevsko byly připraveny ocelové vzorky o rozměrech 100x150x3 mm s úpravou povrchu otryskáním na stupeň Sa 2,5 v souladu s normou ČSN ISO 8501-1. Na ocelové vzorky bylo aplikováno 26 variant nátěrových systémů zhotovených z nátěrových hmot dodaných výrobcem COLORLAK a.s. Uherské Hradiště.

4.2. Specifikace zkoušek

4.2.1. Fyzikálně – mechanické zkoušky

- stanovení tloušťky nátěrů dle ČSN EN ISO 2808 nedestruktivně elektromagnetickou metodou. Použitý typ přístroje DeFelsko Positecotr 6000
- stanovení přilnavosti nátěrů mřížkovou zkouškou dle ČSN EN ISO 2409
- stanovení přilnavosti nátěrů odtrhovou zkouškou dle ČSN EN ISO 4624. přilnavost odtrhem byla prováděna pro stanovení soudržnosti vrstev nátěrového systému, resp. Pro zjištění maximálního tahového napětí, které se musí vynaložit k roztržení nejslabší mezifáze (adhézní lom), nebo nejslabší složky (kohézní lom) hodnocených nátěrových systémů. Použitý přístroj: Com-Test OP 2. generace
- stanovení přilnavost i křížovým řezem dle ASTM D 3359

4.2.1. Korozní zkoušky

Ochranné vlastnosti nátěrů byly hodnoceny zkušebními postupy uvedenými v normě ČSN EN ISO 12944-6 *Nátěrové hmoty: Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy-Část 6: Laboratorní zkušební metody*. Jednalo se o zkoušku v trvalé kondenzaci vody (ČSN EN ISO 6270-2) a zkoušku v neutrální solné mlze (ČSN EN ISO 9227). Laboratorní zkoušky byly dále doplněny zkouškami provedenými ve VZLU. Zde byly provedeny následující korozní zkoušky: Korozní zkouška

v okyselené mořské vodě (ASTM G85-11) a umělé stárnutí expozicí UV zářením (ČSN EN ISO 11341).

4.3. Výsledky jednotlivých nátěrových systémů

V následujících sekcích jsou uvedena jednotlivá hodnocení nátěrových systémů. Nejprve je však zapotřebí vysvětlit některé pojmy k pochopení dané problematiky. Nátěrový systém (dále jen NS.) je směs nátěrové hmoty, tužidla, ředidla a dalších aditiv. Označení puchýřů nátěrového systému při expozici NS v solné mlze či zkoušce trvalé kondenzace lze označit např. 4-4(S2), přičemž první číslo označuje množství a druhé velikost puchýřů, označení S2 nám říká o hustotě těchto puchýřů na funkční části povlaku. Čím vyšší S, tím vyšší četnost puchýřů na NS. Vše je popsáno dle norem ČSN EN ISO 4628 - 1-8, které zahrnovalo sledování vzniku puchýřků, prokorodování nátěrů, korozi v řezu a okolí řezu, hodnoty přilnavosti po korozní zkoušce a případných jiných změn, ke kterým došlo v průběhu korozních zkoušek, jako jsou změna barevného odstínu, lesku, křídování apod.

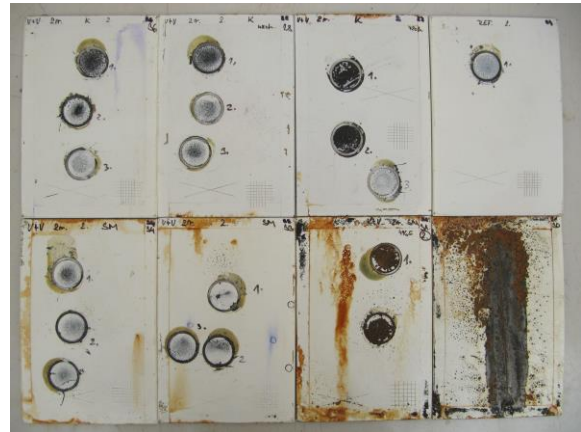
4.3.1. Hodnocení výsledků zkoušek nátěrových systémů z vodou ředitelných nátěrových hmot

Vzhledem k vysoké a trvalé vlhkosti zkušebních postupů dochází zejména v případě nátěrových systémů z vodou ředitelných nátěrových hmot, k častému výskytu defektů ve formě puchýřků u NS č. 2 a 3. Jejich četnost a velikost závisí na druhu pojiva a tloušťce nátěrového systému. U zkoušených nátěrových systémů z vodou ředitelných nátěrových hmot na pojivové bázi akrylátové (NS č.2), alkydové (NS. č.3) došlo k výskytu puchýřů po 48 a 120 hodinách expozice v kondenzační vlhkostní komoře. Výskyt puchýřů se negativně projevil i na změně přilnavosti nátěru k podkladovému kovu. NS. č. 1, který má epoxidový základní nátěr a krycí na polyuretanové bázi vykazoval po kondenzační zkoušce puchýře 4-4(S2) až 5-4(S3). Nejnižší ochranná účinnost se projevila u nátěrového systému č. 2 skladby (V2115+V2113). Na tomto nátěrovém systému se vyskytlo nejvíce defektů - puchýřů 3(S3) až 4(S4) a na většině testovaných vzorků tohoto NS došlo k prokorodování nátěru. U nátěrového systému č. 1 hrozí při vystavení vlhkosti rovněž velké nebezpečí podkorodování nátěru. K velkému podkorodování došlo již po 120 hodinách kontinuální kondenzace, může to být ovšem projev bleskové koroze, která u vodou ředitelných nátěrových hmot hrozí.

Zkouška neutrální solnou mlhou detekuje především výskyt pórů v nátěru, kterými mohou postupovat částice korozního prostředí k základnímu materiálu a poté korozní produkty od podkladu na povrch. U zkoušených nátěrových systémů z vodou ředitelných nátěrových hmot došlo u NS. č. 2 a 3 k výskytu puchýřů, NS (č. 2) vykazoval puchýře v rozsahu 4-4 (S3) až 5-4 (S4), NS. č. 3-3 (S3) až 4-4 (S5). U NS. č. 2 došlo k výraznému zvýšení koroze v okolí řezu a nízké přilnavosti k podkladovému kovu (stupeň 4 - 5), u NS. č. 3 došlo k zvýšení koroze v okolí řezu (stupeň 3-4). U NS. č. 1 (V2205+V2212) se při zkoušce solnou mlhou žádné puchýře nevyskytly.

Pokud se na NS č. 1 nevyskytly puchýře či jiné vady, tj. po zkoušce v neutrální solné mlze, vykazoval NS výborné přilnavostní vlastnosti při odtrhových zkouškách. Dosahované napětí se pohybovalo průměrně kolem 9,5 MPa.

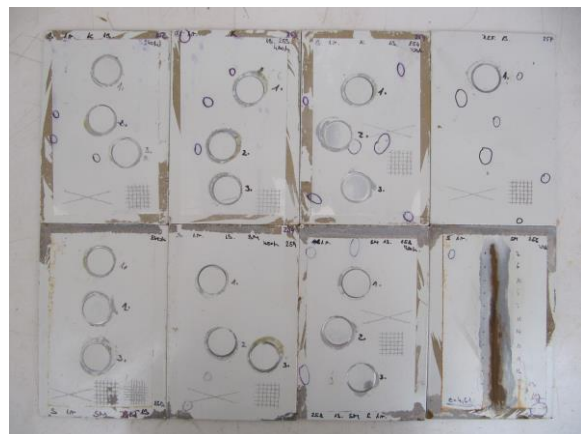
Nátěrový systém č. 1 lze doporučit do prostředí C3 se střední životností s opatrností na vystavení kondenzaci, kde hrozí podkorodování či zpuchýření. NS. č. 2 lze doporučit do interiérového prostředí C2. NS. č. 3 lze doporučit do prostředí C2, případně do C3 s nízkou životností a to hlavně z důvodu kondenzace, kde dochází k podkorodování.



Obr. 4. Nátěrový systém č.2 z vodou ředitelných nátěrových hmot (základní epoxidová dvousložková antikorozi barva a krycí nátěr na akrylátové bázi)

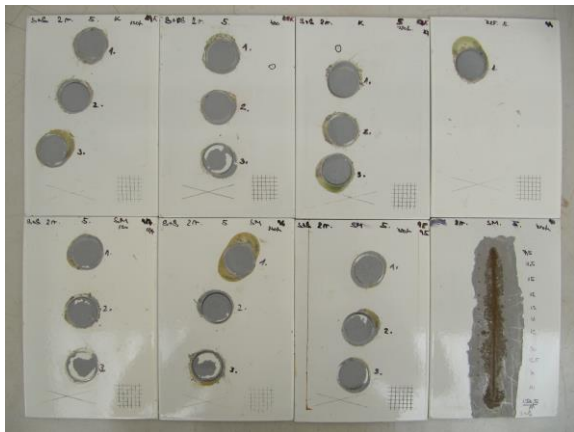
4.3.2. Hodnocení výsledků zkoušek jednovrstvých a dvouvrstvých rozpouštědlových nátěrových systémů

U jednovrstvých rozpouštědlových NS., zejména u S2216 (NS. č. 13) došlo po expozici 240 hodin v neutrální solné mlze k ojedinělému selhávání přilnavosti od podkladu a s delší expozicí k výraznějšímu poklesu adheze. Po zkouškách v kondenzační komoře žádné výrazné problémy nastaly, pokles přilnavosti nebyl tak rapidní jako v případě solné mlhy. Nátěr měl obecně problém s testem přilnavosti mřížkovou zkouškou, bez ohledu na provedené korozní zkoušky a délku expozice.



Obr. 5. Nátěrový systém č. 13 – 1. vrstva (epoxidová dvousložková antikorozi barva)

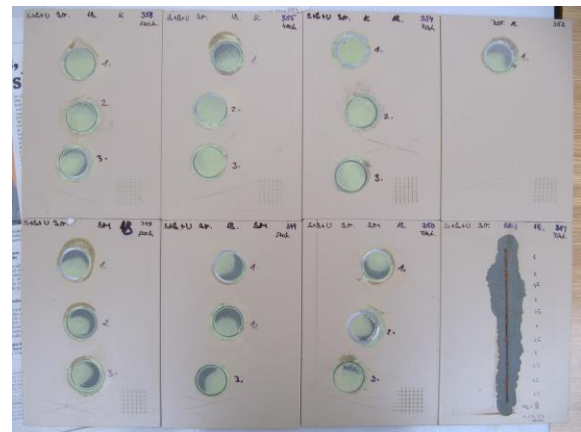
Dvouvrstvé nátěrové systémy vykazovaly po provedených zkouškách neutrální solnou mlhou i kondenzační zkouškou velmi dobré a vyvážené vlastnosti, korozní i přilnavostní. NS. č. 5 (S2318+U2060) vykazuje velmi podobné chování, jako NS. č. 4 (S2318+U2060), má však podstatně horší schopnost ochránit základní materiál v případě defektu. Po zkoušce solnou mlhou po dobu 720 hodin došlo k výraznějšímu podkorodování. Systém dosahuje velice dobrých přilnavostních výsledků, jak odtrhových, tak pomocí mřížkového testu a jeho vlastnosti jsou dobré. NS. č. 6 (S2328+U2060) vykazuje po zkoušce neutrální solnou mlhou a exponování 720 hodin velmi dobré výsledky. Problém má NS. obecně s křehkostí vrstvy, která roste s expoziční dobou, pro kondenzační zkoušku však rychleji. Veškeré přilnavostní testy vykazovaly velmi dobrou adhezi. Téměř vždy došlo ke kohezivnímu porušení. Snad jedinou nevýhodou NS. č. 7 (S2319+S2381) je jeho pomerančová kůra. Všechny ostatní vlastnosti jsou na výborné úrovni. Vynikající antikorozi ochrana po 720 hodinách v neutrální solné mlze, vynikající přilnavost - téměř všechny lomy v lepidle, nebo kombinované.



Obr. 6. Nátěrový systém č. 5 – 2. vrstvy (epoxidová dvousložková základní antikorozi barva + akryluretanová vrchní barva)

4.3.3. Hodnocení výsledků zkoušek třívrstevných rozpouštědlových nátěrových systémů

Zkoušených 6 variant třívrstevných nátěrových systémů z rozpouštědlových nátěrových hmot vykazovalo po 240 až 480 hodinách expozice v kondenzační komoře vlhkostní (ČSN EN ISO 6270-2) a 480 hodinách expozice korozní zkouškou v neutrální solné mlze velmi dobrou ochrannou účinnost a přilnavost k podkladovému kovu srovnatelnou se zkoušenými rozpouštědlovými nátěrovými systémy firmy Hempel a firmy DuPont.



Obr. 7. Nátěrový systém č. 18 – 3. vrstvy (epoxidová dvousložková základní antikorozi barva + polyuretanová vrchní matná barva speciál (ARMY))

4. Závěrečné informace a konečně shrnutí výsledků

Vzhledem k vysoké trvalé vlhkosti zkušebních postupů, jak je výše řečeno, docházelo zejména v případě vodou ředitelných nátěrových systémů k častému výskytu defektů ve formě puchýřků. Jejich četnost a velikost závisí na druhu pojiva a tloušťce nátěrového systému. Výskyt puchýřů se negativně projevil i na změně nátěru k podkladovému kovu. Vodou ředitelné nátěrové systémy představují nejnižší stupeň ochrany z testovaných systémů. Pokud se nevyskytnou defekty, dosahují dobrých výsledků přilnavosti.

V případě rozpouštědlových nátěrových systémů bylo dosaženo dosti rozdílných výsledků. Vyskytly se jak systémy, které totálně propadly, tak systémy s velmi dobrými výsledky. Po konzultaci s výrobcem bylo dospěno k závěru, že výsledky mohly být částečně zkresleny špatnou přípravou vzorků nebo špatně provedeným nanášením nátěrových systémů nebo špatně zvládnutou technologií. Obecně lze říci, že dvouvrstvé nátěrové systémy vždy mají nějakou slabší vlastnost, nevyváženost. Jedním z nejlepších výsledků z dvouvrstevných systémů vykázal systém na epoxidové bázi.

Třívrstvé nátěrové systémy vykazovaly obecně velmi dobré hodnoty i po dlouhých expozicích. Největší problém se vyskytl u třívrstevného epoxidového systému, kdy po expozici 720 hodin v kondenzaci začalo docházet k podkorodování základního nátěru (s antikorozi složkou zinkfosfát). Tyto systémy snesou smělé srovnání se dvěma systémy renomovaných zahraničních výrobců - Hempel a DuPont.

Pro komplexní posouzení ochranných a fyzikálně mechanických vlastností nátěrů by bylo vhodné do dalších testů účinek a intenzitu UV záření, střídání teplot a případě i suchého a vlhkého prostředí. Znamená to tedy použít komplexní cyklickou zkoušku. Cyklické zkoušky jsou v současné době velmi žádané velkými průmyslovými spotřebiteli, hlavně automobilovými, které mají i své speciální interní předpisy či normy.

Poděkování

Především děkuji panu Ing. Janu Kudláčkovi, PhD. za umožnění pracovat na tomto projektu v rámci CVPÚ. Děkuji také Ing. Jaroslavě Benešové za cenné rady a připomínky při vypracování výsledných zpráv. V neposlední řadě děkuji všem firmám, které se podílejí na spolupráci s ústavem strojírenské technologie na fakultě strojní v Praze, při řešení všech projektů v rámci CVPÚ.

Výzkum byl financován SGS13/187/OHK2/3T/12 – Výzkum a vývoj v oblasti progresivních strojírenských technologií.

Seznam symbolů

ČSN	česká technická norma
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace pro normalizaci)
EN	evropská norma
NS	nátěrový systém
S	syntetické nátěrové hmoty
V	vodou ředitelné nátěrové hmoty
U	polyuretanové nátěrové hmoty

Literatura

- [1] Kruger R., T. Bernecki T. Nicholas G.: Evaluation of Surface-Tolerant Coatings for Steel Bridges BIRL Industrial Research Laboratory, Northwestern University, 1801 Maple Avenue, Evanston, Illinois 60201-3135)
- [2] HERRMANN, F. *Organické povlaky: část. 8, 4 – Vady nátěrů, faktory ovlivňující korozi* [prezentace pro výuku]. Synpo, Pardubice [cit. 2016-01-31].
- [3] RAMIREZ, Jose E. a D. TAYLOR. Preventing Corrosion Failures. AM&P: Advanced Materials&Processes [online]. 2014, August 2014, 8(172): 15-17 [cit. 2015-05-31]. Dostupné z: <http://www.asminternational.org/documents/10192/20564188/amp17208p15.pdf/a36190b5-a32a-4479-a294-80ce41aa49b0>
- [4] Rachna Jain, Manish Wasnik, Amit Sharma, Manish Kr Bhadu, T. K. Rout, and A. S. Khanna, "Development of Epoxy Based Surface Tolerant Coating Improvised with Zn Dust and MIO on Steel Surfaces," *Journal of Coatings*, vol. 2014, Article ID 574028, 15 pages, 2014. doi:10.1155/2014/574028
- [5] Alda Simões, Dante Battocchi, Dennis Tallman, Gordon Bierwagen, Assessment of the corrosion protection of aluminium substrates by a Mg-rich primer: EIS, SVET and SECM study, *Progress in Organic Coatings*, Volume 63, Issue 3, October 2008, Pages 260-266, ISSN 0300-9440, <http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2008.02.007>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944008000507>)
- [6] DENIS W. SMITH. Handbook of fluoropolymer science and technology. Hoboken, N.J: Wiley, 2008. ISBN 0470079932.
- [7] Journal of protective coatings & linings delivers reliable, non-biased information on new technology and good practice. (2009, Feb 20). *M2 Presswire* Retrieved from <http://ezproxy.techlib.cz/login?url=http://search.proquest.com/docview/446149969?accountid=119841>
- [8] Koulumbi, N., Tsangaris, G. M., Mani, S., & Givalos, L. (2000). Anticorrosive performance of duplex systems on steel surfaces. *Anti - Corrosion Methods and Materials*, 47(3), 156. Retrieved from <http://ezproxy.techlib.cz/login?url=http://search.proquest.com/docview/218890825?accountid=119841>
- [9] *Příručka žárového zinkování*. [4., aktualiz. vyd.]. Ostrava: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2011, 56 s. ISBN 978-80-260-3324-0.
- [10] KUKLÍK, Vlastimil a Jan KUDLÁČEK. Žárové zinkování. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2014, 199 s. ISBN 978-80-905298-2-3.