Technologická agentura České republiky

Mott MacDonald

METODIKA VÝBĚRU OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ PROTIKOROZNÍ OCHRANY OCELOVÝCH MOSTŮ A KONSTRUKCÍ

Název organizace: Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.
Jméno řešitele: Ing. Jiří Hlavatý

Seznam zkratek a veličin

OK	ocelové konstrukce
PKO	protikorozní ochrana
AF	anti-fouling nátěrové hmoty
nátěr	Souvislá vrstva nátěrové hmoty vzniklá při jedné aplikaci
nátěrová hmota	Pigmentovaná nátěrová hmota v kapalné, pastovité nebo práškové formě, která, nanesena na podklad tvoří neprůhledný nátěr mající ochranné, dekorativní nebo specifické vlastnosti
ASTM	American Society for Testing and materials – americká asociace pro zkoušení a materiály, zabývající se tvorbou a vydávání norem
ČSN	česká státní norma
CH.R.L	chemické rozmrazovací látky
ISO	mezinárodní organizace zabývající se tvorbou a vydáváním norem
Koroze	fyzikálně-chemická reakce kovu a prostředí, vedoucím ke změnám vlastností kovu a znehodnocení prostředí
Korozní agresivita atmosféry	schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému
µm	mikrometr (jednotka délky v níž se vyjadřuje tloušťka povlaku (nátěrového systému)
NDFT	Nominální suchá tloušťka povlakového systému (nátěrového filmu)
NH	nátěrová hmota
NS	nátěrový systém (y)
ONS	opravný nátěrový systém (y)
PK	pozemní komunikace
PÚ	povrchová úprava
TKP	Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací MD ČR
Životnost	Očekávaná životnost (doba fungování povlaku) do první opravy systému; obvykle do vzniku prorezavění povlaku na stupni Ri 3 dle ISO 4628-3
MVONS	Metodika vývěru opravných nátěrových systémů PKO

Obsah

1 CÍL PŘEDPISU 4

2 POPIS OBSAHU PŘEDPISU 4

3 METODIKA VÝBĚRU OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ, JEJÍ STRUKTURA A CÍLE 5

3.1 ZPŮSOB VÝBĚRU NOVÝCH OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ 5

3.2 PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY ONS 6

3.3 PŘÍPRAVA VZORKŮ 6

3.4 METODIKA PROVEDENÍ PRŮKAZNÍ ZKOUŠKY NA ODOLNOST VŮČI CHRL II 8

3.5 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠENÍ ONS 9

3.5.1 Zkoušky a hodnocení vzorků před expozicí 9

3.5.2 Zkoušky vzorků systémů po expozici v korozním prostředí 9

3.6 PARAMETRY HODNOCENÍ ONS PKO PO KOROZNÍ ZKOUŠCE 10

3.7 KOMENTÁŘ K ODTRHOVÉ ZKOUŠCE A K INTEPRETACI JEJICH VÝSLEDKŮ 11

3.8 PROTOKOL O PRŮKAZNÍ ZKOUŠCE 12

4 VÝČET VHODNÝCH OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ, VYCHÁZEJÍCÍ Z PROVEDENÝCH KOROZNÍCH ZKOUŠEK 12

4.1 OPRAVNÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY NA TRYSKANÝCH PODKLADECH 12

4.1.1 Parametry hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce 13

4.1.2 Hodnocení opravných nátěrových systémů (ONS) 13

4.2 OPRAVNÉ NÁTĚROVÉ SYSTÉMY NA RUČNĚ UPRAVENÝCH ZREZIVĚLÝCH PODKLADECH 14

4.3 NEVHODNÉ ONS 16

5 SYSTÉM PŘEDBĚŽNÝCH ZKOUŠEK A MĚŘENÍ NA STÁVAJÍCÍM PKO 16

6 PŘÍLOHA I 17

6.1 CHOVÁNÍ OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ NA SUBSTRÁTU 1 17

6.2 CHOVÁNÍ OPRAVNÝCH NÁTĚROVÝCH SYSTÉMŮ NA SUBSTRÁTU 2 17

7 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ 18

8 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY 18

9 EKONOMICKÉ ASPEKTY 18

10 SEZNAM POUŽITÉ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURY 18

10.1 TECHNICKÉ NORMY ČSN EN ISO 4624 ČSN EN ISO 4628 2, 3, 4, 5, 8 ISO 12944-4, 6, 7, 8 ČSN EN ISO 8501-1, 3 ČSN EN ISO 8502-3 ČSN EN 10025-2 ČSN EN ISO 11997-2 ČSN EN ISO 2808 ČSN ISO 19840 ČSN EN 23270 18

10.2 OSTATNÍ TECHNICKÉ PŘEDPISY TKP 19.B PŘÍLOHA 5, 8, 9.2 ASTM D 5162 ETALON RUGOTEST N^{O} 3 19

11 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY TECHNOLOGICKÉMU PŘEDPISU 19

12 DEDIKACE 19

13 JMÉNA OPONENTŮ 19

1 Cíl předpisu

Cílem předkládané metodiky výběru opravných nátěrových systémů (dále také MVONS) je poskytnout zpracovateli specifikace PKO, v tomto případě opravného nátěrového systému PKO ocelové konstrukce dostatečné znalosti a podklady pro vypracování projektové dokumentace opravy protikorozní ochrany se zaměřením na výběr vhodného opravného nátěrového systému, garantující dosažení plánované životnosti PKO ocelové konstrukce po jeho opravě.

Účelem metodiky je specifikovat provedení zkoušek ONS v laboratorních podmínkách a umožnit následně tak jejich uvedení na seznamu schválených ONS.

2 Popis obsahu předpisu

Metodika poskytuje znalosti i dalším zúčastněným v procesu plánování a zhotovení opravné PKO, t.j. správci ocelové konstrukce mostu pozemní komunikace a potažmo zhotoviteli. Metodika umožňuje vypracovat a stanovit správný technologický postup při opravě PKO ocelové konstrukce, závazný pro zhotovitele díla, kontrolovatelný dozorem.

Metodika MVONS nebyla dosud v oblasti působnosti MD ČR zpracována a není uvedena v jeho předpisech. Z důvodů kompatibility se stávajícími normami a předpisy proto metodika na tyto přepisy a jejich vybrané pasáže vhodně navazuje, specifikuje činnosti, znalosti a dovednosti, které mohou být do těchto předpisů dodatečně zapracovány, např. do předpisu TKP kapitola 19 Protikorozní ochrana ocelových mostů a konstrukcí, část B.

Struktura metodiky odráží dosavadní úroveň poznání v tomto oboru i odlišnosti provádění oprav starých PKO ve srovnání se zhotovením PKO nových ocelových konstrukcí.

3 Metodika výběru opravných nátěrových systémů, její struktura a cíle

Metodika nenahrazuje ty části národních i rezortních předpisů a nařízení, které určují postupy zpracování plánů údržby a oprav PKO a zpracování specifikací pro údržbové nátěry, např. ISO 12944-8 a TKP 19.B příloha 8

Metodika je rozdělena do dvou hlavních kapitol.

Kapitola 2 popisuje postup, který bude uplatněn při výběru a schvalování nových ONS. V postupu je navržena metodika provádění průkazních zkoušek ONS. Pro zajištění porovnatelnosti výsledků je pro průkazní zkoušky předepsán shodný ocelový materiál.

Kapitola 3 je věnována klasifikaci vhodnosti (použitelnosti/nepoužitelnosti) reálně sestavených a laboratorně odzkoušených ONS PKO OK. Provedená klasifikace vychází z výsledků provedených dlouhodobých komplexních urychlených laboratorních korozních zkoušek těchto ONS na zrezivělých ocelových substrátech.

Metodika sama nespecifikuje postupy očištění samotné staré OK ani technologii zhotovení jednotlivých vrstev ONS. Tyto postupy jsou již detailně popsány ve stávající dokumentaci a Technologické předpisu (např. TKP 19.B, ISO 12944-4, ISO 12944-7, apod.). Vypracování specifikací uvedených činností a postupů musí předcházet diagnostický průzkum PKO mostů včetně návrhů pro opravy a obnovu PKO a také o doplňkové zkoušky, testování a inspekce, prováděné na opravované OK, které musí být nezbytně provedeny a musí předcházet zhotovení samotné projektové dokumentace.

Do metodiky byla pro doplnění záběru předpisu zařazena ještě kapitola 4, která cituje zejména související předpisy a postupy, které specifikují nezbytné činnosti, které musí být provedeny ještě před rozhodnutím o opravě/obnově PKO. Pokud při zpracování specifikace PKO u nové OK mostu byly splněny a provedeny všechny nezbytné práce a činnosti, byl stanoven plán údržby i oprava PKO, oprava PKO by tedy měla být obsažena v příslušné dokumentaci. Opravu PKO lze však považovat za specifickou činnost, která se odlišuje od zhotovení nové PKO (natírání nové OK). Proto byla tato metodika vytvořena.

Ostatní činnosti, týkající se např. popisu práce dozoru nebo povinností zhotovitele, jakož i dalšími činnostmi a povinnostmi zainteresovaných stran, které nesouvisejí přímo s výběrem vhodného ONS, nejsou v této metodice zahrnuty a je možné se s nimi seznámit v příslušných dílčích předpisech MD ČR.

3.1 Způsob výběru nových opravných nátěrových systémů

Výběr ONS do konce roku 2014, viz kapitola 3) byl proveden na základě dlouhodobých laboratorních zkoušek ONS, provedených v létech 2011-2014. Výběr vycházel z průkazních zkoušek, označených jako CH.R.L. II (2008, 2011, 2013), specifikovaných v předpisu TKP 19.B., podrobnosti viz dále.

Citovaný předpis požaduje pro schvalování nových NS provedení dvou dlouhodobých urychlených laboratorních cyklických korozních zkoušek, a to zkoušku

ČSN EN ISO 11997-2 v délce expozice 2668 (2016) hodin a zkoušku CH.R.L. II (2013) v délce expozice 4200 hodin.

Obě uvedené zkoušky představují komplexní cyklické korozně-povětrnostní testy, které nejsou ve zkušební praxi České republiky běžně prováděny. Navíc, požadavek provedení dvou souběžných testů, které jsou svou povahou podobné a u kterých jsou posuzovány shodné parametry poškození PKO, považujeme v praxi za nadbytečné zejména z hlediska vynaložených zvýšených nákladů na zkoušení (schvalování) ONS.

Druhou komplikací zvoleného dvojkolejného přístupu spatřujeme v dublování výsledků korozních testů a zejména pak v nutnosti nastavit pro každou zkoušku odlišné parametry přijatelnosti výsledků. To následně může komplikovat jednoznačné vyřčení výroku, zda ONS „vyhověl/nevyhověl“ požadavkům předpisů a zda ONS „může/nemůže“ být následně zařazen do seznamu schválených nátěrových systémů MD ČR, viz stránky Politika jakosti pozemních komunikací (www.pjpk.cz).

Zde prezentovaná metodika pro nové ONS vychází důsledně z provedení výhradně jedné dlouhodobé sofistikované cyklické korozní zkoušky, uskutečněné za definovaných laboratorních podmínek, a to s jedním typem ocelového substrátu.

3.2 Průkazní zkoušky ONS

V rámci posouzení jakosti PKO OK se ve smyslu této kapitoly považují za průkazní zkoušky systémů PKO. Zkoušky samotných nátěrových hmot a z nich vytvořených povlaků nejsou předmětem této metodiky.

Průkazní zkoušky systémů se požadují z důvodu prokázání požadovaných vlastností systémů PKO podle tabulky 2 této kapitoly. Zkoušky se provádějí na typových vzorcích (specifikovaných dále), s cílem ověřit:

- způsob přípravy a jakost ocelového povrchu;
- technologii aplikace nátěrových hmot;
- chování systému PKO za podmínek expozice typových lakovaných vzorků podmínkách dlouhodobé urychlené cyklické laboratorní zkoušky.

Průkazní zkoušky systém jsou předkládány zhotovitelem jako součást TePř objednateli ke schválení, případně určenému orgánu státní správy (ŘSD Praha) jako podklad pro schválení ONS a jeho zařazení na list schválených ONS.

3.3 Příprava vzorků

Zhotovení vzorků pro průkazní zkoušky je první a zároveň velmi důležitou klíčovou etapou celé průkazní zkoušky. Při ní je zhotovitel povinen věnovat maximální pozornost všem aspektům technologie zhotovení vzorku a všechny důležité údaje zaznamenávat do určené dokumentace. Vzorky pro průkazní zkoušky musí být připraveny v souladu následujícími požadavky:

- Vzorky z konstrukční oceli S235 dle ČSN EN 10025-2, o rozměru 150 mm x 100 mm x 3 mm se sraženými hranami v počtu 5 kusů;

- 3 destičky jsou určeny k expozici v korozní zkoušce, čtvrtá destička pak pro provedení odtrhové zkoušky přilnavosti na neexponovaném vzorku. Pátá destička se zhotovuje jako odstupňovaná po jednotlivých vrstvách nátěru a slouží k další archivaci.

- Použité abrazivo pro tryskání, jakož i parametry tryskání povrchu oceli musí odpovídat používané technologii zhotovitele PKO, údaje musí být uvedeny v protokolu o zkoušce. Pro tryskání se předpokládá užití ostrohranného abraziva odpovídající frakce (např. litina, korund, apod.).

- Technologie aplikace nátěrové hmoty musí odpovídat technologii zhotovitele. Veškeré údaje musí být uvedeny v protokolu o zkoušce.

- Aplikace systému PKO pro průkazní zkoušky se provádí v akreditované laboratoři. Pokud laboratoř nemá rovnocenné technologické vybavení a technologické podmínky jako zhotovitel nebo kvalifikované osoby, provádí se aplikace systému PKO u aplikační firmy pod dohledem kvalifikované osoby (korozní inženýr, držitel certifikátu FROSIO). Tato způsobilá/kvalifikovaná osoba dohlíží na aplikaci jednotlivých vrstev PKO, provádí přejímku vrstev a potvrzuje správnost údajů, uváděných zhotovitelem PKO v Rodném listu.

- Tloušťky systémů PKO pro průkazní zkoušku musí odpovídat tloušťkám (NDFT), které jsou určeny v příloze k TKP 19.B.P5 stávající platného předpisu stávajícím předpisu TKP 19.B. Vyhodnocení měřených tlouštěk PKO musí odpovídat pravidlu 80/20. Pravidlo 80/20 znamená, že pouze 20 % jednotlivých změřených hodnot může ležet mezi 80 % až 100 % NDFT, ale žádná jednotlivá hodnota nesmí být menší než 80 % NDFT. Naopak, maximální jednotlivá hodnota tloušťky je obvykle 200 % NDFT. V případě nevyhovujících tlouštěk nátěrů se tloušťka doplní nástřikem s výjimkou případů, u kterých je to technologicky vyloučeno (např. zink-allyksilitáty). Maximální tloušťka jednotlivých vrstev nesmí přesáhnout 1,35 x NDFT.

- Měření tloušťky nátěrových systémů i kalibrace tloušťkoměru na tryskaném ocelovém povrchu se provádí v souladu s normami ČSN ISO 19840, ČSN EN ISO 2808. Přístroj je kalibrován na tryskaném povrchu na nulovou hodnotu. Pokud není drsnost povrchu známa měřením jinými metodami, stanovuje se jednotná hodnota 25 µm.

- Vzorek pro průkazní zkoušku musí být obecně uložen v běžných vnitřních podmínkách, tj. při teplotě vzduchu od 15 °C do 30 °C a relativní vlhkosti vzduchu od 30 % do 70 % v místě bez přímého slunečního svitu. Před korozní zkouškou musí být vzorek uložen minimálně po dobu 7 dnů v podmínkách pro kondicionování a zkoušení nátěrů dle ČSN EN 23270, to jest při teplotě (23±2) °C a vlhkosti vzduchu (50±5) % relativních.

- Stáří vzorku před průkazní zkouškou musí být minimálně 1 měsíc. Maximální doba stáří vzorku, uloženého v laboratorních podmínkách, není limitována. Je však doporučeno, vzhledem k očekávaným procesům smršťování nátěrů v čase, zkoušet vzorky do stáří 18 měsíců.

- Zhotovitel vzorku provádí vlastní vyhodnocení přípravy povrchu, jeho čistoty i drsnosti. Kontrola čistoty povrchy po otryskání se provádí dle ČSN EN ISO

8501-1, výskyt prachových částic dle ČSN EN ISO 8502-3. Drsnost povrchu pak srovnání s komparátory typu G (ČSN EN ISO8501-3 nebo etalonem RUGOTEST Nº 3).

- Zhotovitel vzorku také vyplňuje tiskopis rodného listu PKO (viz samostatná šablona rodného listu, určeného pro v přípravu vzorků pro průkazní zkoušky). Tyto doklady jsou součástí průkazní zkoušky.
- Pro zařazení ONS do seznamu schválených ONS je požadována specifikace PKO pro vzorky pro průkazní zkoušku.

3.4 Metodika provedení průkazní zkoušky na odolnost vůči CHRL II

Tato kapitola určuje metodiku provádění průkazních zkoušek na odolnost nátěrových povlaků vůči korozi s významným podílem působení chemických rozmrazovacích prostředků, dále jen CHRL s označením II.

Zkušební postup cyklické korozní zkoušky CHRL II je detailně popsán v předpisu TKP 19.B, příloze 19B.P9.2 a je uveden v tabulce 1. Jedná se o sofistikovaný test s proměnným a zároveň kombinovaným korozním namáháním, tedy jedná se zde o korozi atmosférickou i o korozi v kapalinách (ve vodných roztocích solí).

Pro všechny základní typy nátěrových systémů na oceli je předepsána shodná doba zkoušení 4200 hodin. Každý vzorek musí mít vlastní dokumentaci počátečního a koncového stavu zkoušky. Složení solných roztoků je následující:

- Zkušební roztok I: (100g ± 5g) NaCl a (100g ± 5g) $CaCl_2$ bez krystalické vody na 1 litr destilované vody (pH > 5,5)
- Zkušební roztok II: chlorid sodný NaCl (50g ± 5g) na 1 litr vody bez krystalické vody

Tabulka 1 Týdenní schéma korozního cyklu zkoušky CHRL II

Expoziční fáze	Doba expozice	Teplota ve °C	Ostatní podmínky	Poznámka
1	8 hodin	(50 ± 2)	Vlhké teplo, (95±3) % rel. vlhkost	
2	10 minut	(-5 ±1)	Ponor do chladicí lázně, roztok I	Uvedená teplota je teplota povrchu vzorku, musí být dosažena na konci 10-té minuty
3	50 minut	(-35 ± 2)	Mrazicí box, předchlazený vzduch	Teplota povrchu vzorku na konci 50-té minuty ((-18 ± 2) °C
4	3 hodiny	(0 - 5)	Ponor do roztoku I	Nutno dodržet uvedenou teplotu roztoku (ohřev vzorku)
5	20 hodin	(-25 ± 2)	Mrazící box	
6	24 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
7	24 hodin	(35 ± 2)	Ponor do roztoku II	
8	24 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
9	8 hodin	(35 ± 2)	Ponor do roztoku II	

10	8 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
11	8 hodin	(50 ± 2)	Vlhké teplo, (95±3) % rel. vlhkost	
12	8 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
13	8 hodin	(50 ± 2)	Vlhké teplo, (95±3) % rel. vlhkost	
14	8 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
15	8 hodin	(50 ± 2)	Vlhké teplo, (95±3) % rel. vlhkost	
16	8 hodin	(50 ± 2)	Horké sucho	
17	Zpět k fázi 1			Celková doba cyklu (fáze 1-16) je 168 hodin

3.5 Hodnocení výsledků zkoušení ONS

Hodnocení stavu nátěru a rozsahu poškození (defektů) ochranného povlaku ONS PKO se provádí před zahájení korozní zkoušky a po jejím ukončení. Pro obě hodnocení mohou být pak předepsány odlišné přípustné hodnoty jednotlivých parametrů.

3.5.1 Zkoušky a hodnocení vzorků před expozicí

Hodnocení systémů před expozicí obsahuje následují zkoušky a měření

- Měření tlouštěk povlaků a jejich vyhodnocení pravidlem 80/20
- Stanovení pórovitosti povlaku dle ASTM D 5162. Zaznamená se počet pórů, zjištěné defekty se neopravují;
- Vizuální hodnocení vzhledu povlaku (kvality aplikace nátěrové hmoty) při použití lupy s 10 násobným zvětšením. Povrch nátěrového systému musí být rovnoměrný, bez viditelných nerovností, stečenin, pórů, zatřených částic prachu, bez trhlinek a odlupování a jiných vad jako je výskyt puchýřků,, kráterků, zmatnění povrchu, lokálních míst bez nátěru, vrásnění, struktury pomerančové kůry, nerovnoměrného vybarvení, suchého střiku a dalších.
- Odtrhová zkouška dle ČSN EN ISO 4624; minimální hodnoty jsou stanoveny dle typu a určení PKO následovně

3.5.2 Zkoušky vzorků systémů po expozici v korozním prostředí

Na rozdíl od běžně zavedené všeobecné praxe při hodnocení defektů na zkušebních tělesech (viz např. mezinárodní norma ČSN EN ISO 12944 – Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy) jsou při průkazních zkouškách předmětem zkoumání nejen rovné plochy, ale také místa z hodnocení obvykle vyloučená, tedy místa do 10 mm v blízkosti hran, hrany, otvory, případně svary.

Po korozní zkoušce se vzorky opláchnou pod vlažnou tekoucí vodou a nechají uschnout v laboratorních podmínkách. Hodnocení defektů na vzorcích se provádí minimálně po 30 minutách od ukončení korozní zkoušky. Z hodnocení mohou být vyloučena místa, u nichž došlo k poškození povlaku vlivem manipulace při zkouškách, např. poškozený nátěr v otvoru v místě zavěšení vzorku v komoře.

Hodnocení po ukončení korozní zkoušky zahrnuje následující zkoušky a měření

- Hodnocení stupně puchýřkování nátěru dle ČSN EN ISO 4628-2
- Hodnocení stupně prorezavění nátěru dle ČSN EN ISO 4628-3
- Hodnocení stupně praskání nátěru dle ČSN EN ISO 4628-4
- Hodnocení stupně odlupování nátěru dle ČSN EN ISO 4628-5
- Hodnocení stupně koroze v okolí vrypu dle ČSN EN ISO 4628-8

Výše uvedená hodnocení se týkají všech ploch, hran, případně otvorů na vzorcích. Jako doplňková zkouška, sloužící pro hodnocení systémů různých dodavatelů je požadována zkouška:

- Odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624

3.6 Parametry hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce

Parametry hodnocení jsou rozhodující proměnou pro danou korozní agresivitu prostředí korozní zkoušky a dílku expozice vzorků pro akceptaci nebo odmítnutí zkoušeného ONS. Nastavení těchto parametrů v předpisech je vždy výsledkem kompromisu mezi tvůrci předpisu, viz např. ISO 12944-6, čl. 6.4. Již v novele předpisu TKP 19.B (2013) byly změněny tyto parametry hodnocení pro zkoušku odolnosti CHRL II ve světle poznatků provedených dlouhodobých korozních zkoušek.

V případě hodnocení ONS, zkoušených na nových ocelových tryskaných substrátech byly ponechány obvyklé hodnoty defektů ISO 4628-2, 3, 4 a 5 na stupni 0. Hodnota koroze v okolí řezu byla ponechána na stejné hodnotě c ≤ 6 mm.

V oblasti odtrhové zkoušky jsou stanoveny hodnoty odtrhové pevnosti nových vzorků (vzorků bez expozice) na 4,0 MPa pro systémy PS) a na 3,0 MPa pro systémy označené IC.

Pro hodnoty odtrhové pevnosti po korozní zkoušce je požadována minimální hodnota odtrhové pevnosti ve výši 50 % původně naměřené hodnoty.

V tabulce je zároveň uveden požadavek minimální hodnoty adheze - pokud dojde k adheznímu lomu mezi substrátem a prvním nátěrem, pak tato hodnota nesmí být nižší než 5,0 MPa.

Tabulka 2 – parametry pro hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce

Hodnocený parametr	Standard	Požadované hodnoty
Stupeň puchýřkování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň prorezavění	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň praskání	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň odlupování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň koroze v okolí řezu	ČSN EN ISO 4628-8	c (čl. 6.2.) ≤ 6 mm pro vryp 2 mm
Stupeň delaminace nátěru v okolí řezu	ČSN EN ISO4628-8	Uvádí se, ale nevyhodnocuje se
Hloubka koroze v místě řezu	Digitální mikroskopie	< 500 μm
Odtrhová zkouška přilnavosti (6 stanovení)	ČSN EN ISO 4624	
	Pro typ 1C primer s vysokým	3 MPa

	obsahem Zn	
	Typ 1 PS – Základní EP	4 MPa
	Neexponovaný vzorek 4	Nesmí dojít k adheznímu lomu prvního nátěru/povlaku od ocelového podkladu, pokud se nedosáhne hodnoty 5 MPa.
	Vzorek po korozní zkoušce Vzorky 1, 2 a 3	Hodnoty po korozní zkoušce musí být min. 50 % původní hodnoty, měřeno min. 2 týdny rekondicionování vzorku

3.7 Komentář k odtrhové zkoušce a k intepretaci jejich výsledků

Při vyhodnocení výsledků doplňkových zkoušek je nutné mít na zřeteli jejich základní systémové omezení a takto také s výsledky obou zkoušek pracovat. To platí také pro mřížkovou zkoušku (křížový řez), která bývá v této souvislosti také velmi často využívána.

Limity odtrhové zkouška přilnavosti

Odtrhová zkouška je dnes mimořádně často využívaným testem pro posouzení velikosti adhese nátěru (NS) k podkladu. Tato zkouška má však také svá významná omezení, které ovlivňují výsledky a následně i jejich intepretaci.

V případě třívrstvého nátěrového systému může k porušení zkušební sestavy: „podklad – základní nátěr – mezivrstva –vrchní nátěr – lepidlo – zkušení těleso“ dojít teoreticky na celkem na 11 odlišných místech, z toho je 6 možných kohezních porušení a 5 možných adhezních porušení.

Jinými slovy to znamená, že pouze v případě adhezního porušení na styku podkladového kovu a základního nátěru (typ A/B dle článku 9.5.2. normy ČSN EN ISO 4624) je možné si učinit představu o velikosti adhezní pevnosti NS (ONS) k ocelové podložce. Ve všech ostatních případech výsledky indikují zcela jiné vlastnosti materiálů ve zkušební sestavě.

Tak např. porušení ve vrstvě základního nátěru indikuje výhradně kohezní pevnost tohoto materiálu, která je dána mírou naplnění základní barvy pigmenty a plnivy. Nic to však nevypovídá o velikosti přilnavosti NS k podložce ani o protikorozní účinnosti takového nátěrového systému. Proto požadovat u neexponovaných vzorků minimální hodnotu odtrhové pevnosti 5 MPa není podloženo výsledky odpovídajících korozních testů jako i odolnosti NS v reálných podmínkách jejich deklarovaného použití.

Velikost odtrhové pevnosti 5 MPa není v žádné souvislosti s křehkostí materiálu a jeho případné náchylnosti nebo odolnosti vůči mechanickému poškození. Vůči mechanickému poškození mohou být odolné např. houževnaté materiály s nízkou kohezní pevností. Navíc síly, jejich rozložení a směřování jsou zcela odlišné u odtrhové zkoušky a poškození povlaku v praxi např. odlétajícími kaménky

V těchto souvislostech je proto nutné výsledky této doplňkové zkoušky interpretovat a přilnavost NS pak správně posoudit z hlediska požadovaných parametrů.

3.8 Protokol o průkazní zkoušce

Protokol o průkazní zkoušce musí obsahovat následující náležitosti:

- Identifikaci zkušební laboratoře, vedoucího laboratoře a osob, provádějící zkoušku
- Identifikaci zkoušených nátěrových hmot, tj. výrobce hmot, označení aplikovaných nátěrových hmot, číslo jejich šarže, označení odstínu, použité tužící poměry v případě aplikace dvousložkových nátěrových hmot apod.
- Popis vzorku, jeho velikost, složení
- Popis skladby vzorku včetně přípravy povrchu
- Popis místa a doby vytvrzování povlaku
- Podmínky a dobu kondicionování a uložení vzorků před dalšími zkouškami
- Popis a výsledky zkoušek před expozicí dle bodu 4.4.1
- Popis a výsledky zkoušek po expozici dle bodu 4.4.2
- Celkové hodnocení vzorku – vyhověl/nevyhověl
- Příloha: rodný list vzorku, fotodokumentace výsledku zkoušek
- Jméno, datum a podpis odpovědného pracovníka akreditované laboratoře

4 Výčet vhodných opravných nátěrových systémů, vycházející z provedených korozních zkoušek

V rámci specifického projektu a v součinnosti s technickými pracovníky dodavatelů nátěrových hmot byly sestaveny vhodné opravné nátěrové systémy. Vzorky s těmito ONS byly následně podrobeny koroznímu namáhání o velké déle expozice (4200 hodin) průkazní zkouškou, definovanou v předpisu TKP 19.B a označenou jako CHTRL II. Na základě výsledků těchto zkoušek byl následně proveden výběr vhodných, podmíněně vhodných a nevhodných ONS.

Pro zkoušení byly zvoleny ONS, určené výhradně na ocelové konstrukce, u kterých nebylo provedeno ani žárové zinkování ani žárové stříkání (metalizace). Jedná se o systémy s označením typ 1 PS a typ 1C, viz také tabulka

Tabulka 3 – základní typy navržených opravných nátěrových systémů PKO

Základní typy ONS		Typ 1 PS	Typ 1 C
Základní nátěr:			
Podkladový nátěr:			
Vrchní nátěr:			

Vzhledem ke skutečnosti, že při zkouškách bylo vycházeno ze zrezivělých ocelových destiček, bylo nutno také vhodně upravit parametry hodnocení (přípustnosti) ONS PKO po korozní zkoušce (na rozdíl od hodnot v tabulce 2).

4.1 Opravné nátěrové systémy na tryskaných podkladech

Zkoušky byly provedeny na dvou typech podkladů. V prvním případě byl výchozí materiál, zrezivělá ocelová destička, podrobena tradičnímu suchému tryskání na

stupeň čistoty Sa 2 a ½. Tryskané destičky byly lakovány průmyslovým způsobem, tedy vysokotlakým nanášecím zařízením.

Všechny standardně sestavené ONS prokázaly vysokou korozní odolnost za podmínek zkoušky CHRL II. Jako základní parametr, použitý pro hodnocení vhodnosti nebo nevhodnosti toho kterého ONS pro deklarované účely byla použita koroze v okolí řezu.

4.1.1 Parametry hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce

Parametr koroze v okolí řezu se velmi lišil vzorek od vzorku. Na základě jeho porovnání s požadavky v tabulce 4 byly ONS rozděleny do skupiny vhodné, podmíněně vhodné a nevhodné pro deklarované použití, viz i tabulka 5 a tabulka 6.

Tabulka 4 – parametry pro hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce u tryskaných, původně zrezivělých ocelových podkladů

Hodnocený parametr	Standard	Požadované hodnoty
Stupeň puchýřkování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň prorezavění	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň praskání	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň odlupování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň koroze v okolí řezu	ČSN EN ISO 4628-8	
	Skupina vhodných ONS	c (čl. 6.2.) ≤ 6 mm
	Skupina podmíněně vhodných	c (čl. 6.2.) ≤ 8 mm
	Skupina nevhodných ONS	c (čl. 6.2.) > 8 mm
Hloubka koroze v řezu	Digitální mikroskopie	< 600 µm nevím, zda ji sem zařazovat
Odtrhová zkouška přilnavosti	ČSN EN ISO 4624	3 MPa (4 MPa)
	Neexponovaný vzorek	Nesmí dojít k adheznímu lomu prvního nátěru/povlaku od ocelového podkladu, pokud se nedosáhne hodnoty 5 MPa.
	Vzorek po korozní zkoušce	Hodnoty po korozní zkoušce musí být min. 50 % původní hodnoty

4.1.2 Hodnocení opravných nátěrových systémů (ONS)

Dle výsledků laboratorních zkoušek byly ONS rozděleny do tří skupin vhodnosti použití:

ONS vhodný bez podmínek

ONS podmíněně vhodný (při splnění podmínek)

ONS nevhodný

Opravné nátěrové systémy, vhodné pro opravy PKO ocelových konstrukcí jejich tryskáním, jsou uvedeny v tabulce 5 (vybarveny zeleně). Dle schválených ONS na www.pjpk.cz

Tabulka 5 – přehled opravných nátěrových systémů PKO včetně jejich základního složení, vhodných (bez dalších podmínek) pro staré ocelové konstrukce upravené tryskáním; c < 6 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

	metodika výběru opravných nátěrových systémů

ONS, jejich hodnoty koroze v okolí řezu byly neliší než 8 mm, byly zařazeny do skupiny **ONS podmíněně vhodných**.

Tabulka 6 – přehled opravných nátěrových systémů PKO včetně jejich základního složení, vhodných podmíněně (při splnění podmínek) pro staré ocelové konstrukce upravené tryskáním, c < 8 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

4.2 Opravné nátěrové systémy na ručně upravených zrezivělých podkladech

Shodné opravné nátěrové systémy byly aplikovány na zrezivělé destičky, následně ručně očistěné. Tyto vzorky simulují stav opravy PKO na ocelové konstrukci, kdy není možné její určitou část očistit tryskáním a je nutné použít mechanické, případně pouze ruční očištění. Ruční očištění kartáčem je přitom považováno za postup, při které je získán nejméně očištěný povrch. Na takto upravené plochy destiček byly nátěrové hmoty aplikovány štětcem.

Vzorky i po mechanickém očištění prokazovaly poměrně vysokou korozní odolnost za podmínek zkoušky CHTRL II. Nekvalitní příprava povrchu destičky před aplikací nátěrové systému se však zřetelně projevila na korozně slabých místech, tj. v rozích destiček, u otvoru (se závěsem) a hlavně v okolí řezu.

Rozptyl hodnot koroze v okolí řezu činil od 3,4 mm do 23,8 mm s tím, že čtvrtina vzorků měla korozi okolí řezu větší než 15 mm. Na základě výsledků měření byla tabulka parametrů pro hodnocení ONS PKO pro ručně očištěné zrezivělé povrchy upravena následovně, viz tabulka 7.

Tabulka 7 – parametry pro hodnocení ONS PKO po korozní zkoušce u mechanicky (ručně) očištěných, původně zrezivělých ocelových podkladů

Hodnocený parametr	Standard	Požadované hodnoty
Stupeň puchýřkování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)

	metodika výběru opravných nátěrových systémů

Stupeň prorezavění	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň praskání	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň odlupování	ČSN EN ISO 4628-2	0 (S0)
Stupeň koroze v okolí řezu	ČSN EN ISO 4628-8	
	Skupina vhodných ONS	c (čl. 6.2.) ≤ 6 mm
	Skupina podmíněně vhodných	c (čl. 6.2.) ≤ 10 mm
	Skupina nevhodných ONS	c (čl. 6.2.) > 10 mm
Hloubka koroze v řezu	Digitální mikroskopie	< 600 µm
Odtrhová zkouška přilnavosti 6 stanovení	ČSN EN ISO 4624	3 MPa (4 MPa)
	Neexponovaný vzorek	Nesmí dojít k adheznímu lomu prvního nátěru/povlaku od ocelového podkladu, pokud se nedosáhne hodnoty 5 MPa.
	Vzorek po korozní zkoušce	Hodnoty po korozní zkoušce musí být min. 50 % původní hodnoty

ONS byly opětovně na základě velikosti koroze v okolí řezu rozděleny do tří skupin. Skupina vhodných ONS je uvedena v tabulce 8, skupina podmíněně vhodných pak v tabulce 9

Tabulka 8 - opravné nátěrové systémy PKO včetně jejich základního složení, vhodné (bez dalších podmínek) pro staré ocelové konstrukce upravené ručním čištěním; c < 6 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

Tabulka 9 - opravné nátěrové systémy PKO včetně jejich základního složení, vhodné (s podmínkami) pro staré ocelové konstrukce upravené ručním čištěním; c < 10 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

	metodika výběru opravných nátěrových systémů

4.3 Nevhodné ONS

Pro komplexnost jsou uvedeny ostatní ONS, které nemohly být vzhledem ke korozi v okolí řezu zařazeny ani do skupiny A – vhodné systémy, ani do skupiny B podmíněně vhodné ONS, viz tabulka 10 pro tryskané destičky a tabulka 11 pro ručně čištěné destičky.

Tabulka 10 – přehled opravných nátěrových systémů PKO včetně jejich základního složení, nevhodných pro staré ocelové konstrukce upravené tryskáním, c > 8 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

Tabulka 11 - opravné nátěrové systémy PKO včetně jejich základního složení, nevhodné pro staré ocelové konstrukce upravené ručním čištěním; c > 10 mm

Kód ONS	Označení ONS	Deklarovaný opravný nátěrový systém PKO - složení	NDFT

5 Systém předběžných zkoušek a měření na stávajícím PKO

Do metodiky byla zařazena tato stručná kapitola za účelem připomenutí souvisejících činností, postupů i předpisů, specifikujících nezbytné činnosti, které musí být provedeny ještě před rozhodnutím o opravě/obnově PKO.

Vypracování specifikací činností a postupů, týkající se opravy/obnovy PKO musí předcházet diagnostický průzkum PKO mostů včetně návrhů pro opravy a obnovu PKO. Tento průzkum zahrnuje řadu činností a postupů, které musí být nezbytně provedeny. Jedná se dále také o také doplňkové zkoušky, testování a inspekce, prováděné na opravované OK, které jsou pro navržení opravy a obnovy PKO také

důležité. Jedná o zkoušku přetíratelnosti (snášenlivosti) přilnavých zbytků starého nátěru moderními nátěrovými hmotami s agresivními rozpouštědly

Postupy diagnostického průzkumu PKO mostů, zásady plánování a provedení oprava a údržby stávajícího NS (ISO 12944-8), TKP 19.B příloha 8, apod.) nejsou předmětem této metodiky.

6 Příloha I

6.1 Chování opravných nátěrových systémů na Substrátu 1

Tabulka 12: výsledků inspekce a hodnocení defektů vzorků ONS na substrátu 1 po 4200 hodinách zkoušky dle CH.R.L.II

Označení ONS	Kód panelu		Hodnocení defektů povlaku dle ČSN EN ISO 4628					
			Puchýřky	Prorezavění	Praskání	Odlupování	Delaminace v okolí řezu	Koroze v okolí řezu
			ČSN EN ISO 4628/2	ČSN EN ISO 4628/3	ČSN EN ISO 4628/4	ČSN EN ISO 4628/5	ČSN EN ISO 4628/8	ČSN EN ISO 4628/8
			stupeň	stupeň	stupeň	stupeň	mm	mm
ONS I	S1							
ONS II	S1							
ONS III	S1							

6.2 Chování opravných nátěrových systémů na Substrátu 2

Tabulka 13: výsledků inspekce a hodnocení defektů vzorků ONS na substrátu 2 po 4200 hodinách zkoušky dle CH.R.L.II

Označení ONS	Kód panelu		Hodnocení defektů povlaku dle ČSN EN ISO 4628					
			Puchýřky	Prorezavění	Praskání	Odlupování	Delaminace v okolí řezu	Koroze v okolí řezu
			ČSN EN ISO 4628/2	ČSN EN ISO 4628/3	ČSN EN ISO 4628/4	ČSN EN ISO 4628/5	ČSN EN ISO 4628/8	ČSN EN ISO 4628/8
			stupeň	stupeň	stupeň	stupeň	mm	mm
ONS I	S2							
ONS II	S2							
ONS III	S2							

7 Srovnání novosti postupů

Tato metodika včetně příloh platí pro určení postupu při volbě druhu opravných nátěrových systémů pro opravy a údržbu ocelových mostních konstrukcí. Navrhovaný metodický postup umožní jednotné hodnocení systémů PKO pro nové i starší mostní OK. Pomocí takto získaných údajů bude usnadněno a sjednoceno určení volby nátěrového systému PKO pro nové i opravované konstrukce. V současnosti není známo, že by kdekoli jinde ve světě byl používán nějaký podobný jednotný postup pro hodnocení systémů protikorozní ochrany ocelových mostních konstrukcí.

8 Popis uplatnění certifikované metodiky

Autor a spolupracovníci předpisu oprávněně předpokládají používání metodiky zkoušení systémů protikorozní ochrany ocelových mostních konstrukcí již v průběhu projektové a investiční přípravy dopravních mostních staveb. Jednotná metodika usnadní rozhodovací procesy v investorské organizaci, v tomto případě v Ředitelství silnic a dálnic. Další využití metodiky lze doporučit také pro železniční stavby.

9 Ekonomické aspekty

V současnosti nelze přesně vyčíslit rozdíl nákladů a výdajů na používání předkládané metodiky. Autorův odborný odhad je, že výnosy (= zrychlené hodnocení navrhovaných systémů PKO pro nové i opravované ocelové mostní konstrukce) výrazně převýší náklady (= náklady na laboratorní zkoušky a jejich vyhodnocení).

Dalším jistým přínosem je objektivní a poměrně rychlé vyhodnocení nabízených systémů PKO pro nové i opravované ocelové mostní konstrukce.

10 Seznam použité a související literatury

10.1 **Technické normy**

ČSN EN ISO 4624
ČSN EN ISO 4628 2, 3, 4, 5, 8
ISO 12944-4, 6, 7, 8
ČSN EN ISO 8501-1, 3
ČSN EN ISO 8502-3
ČSN EN 10025-2
ČSN EN ISO 11997-2
ČSN EN ISO 2808
ČSN ISO 19840
ČSN EN 23270

10.2 **Ostatní technické předpisy**
TKP 19.B příloha 5, 8, 9.2
ASTM D 5162
etalon RUGOTEST Nº 3

11 Seznam publikací, které předcházely technologickému předpisu

Průběžné zprávy za jednotlivé roky řešení projektu č. TA01030817 z programu ALFA, TA CR:

Průběžná zpráva řešení projektu za rok 2011
Průběžná zpráva řešení projektu za rok 2012
Průběžná zpráva řešení projektu za rok 2013
Dílčí zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích řešitele za rok 2014

12 Dedikace

Předkládaný technologický předpis je výsledkem řešení VaV projektu č. TA01030817 z dotačního programu ALFA Technologické agentury České republiky

13 Jména oponentů

Ing. Jaroslav Sigmund, korozní inženýr,
Certifikát č. 401-0055 dle Std-401-APC:2011
Sadová 968, 768 24 Hulín
Tel.: +420 731 968 495; vejasi@seznam.cz,

Ing. Jaroslav Vála, specialista povrchových úprav, korozní inženýr
Certifikát č. 401-0025 dle Std-401-APC:2011
Tel:. +420 733644181, Email**: vala@lakovna.cz**