

Mýty a realita patinující oceli v České republice

Článek se zabývá hodnocením výsledků tvorby ochranné vrstvy patinujících ocelí u ocelových konstrukcí, které byly umístěny v reálném korozním prostředí České republiky. Prohlídky ocelových konstrukcí stáří 13 - 32 let, které byly vyráběny z patinující oceli Atmofix A a Atmofix B v České republice byly realizovány firmou Mott MacDonald Praha v letech 2006 až 2007 v rámci řešení úkolu S-120-235/2006 pro ministerstvo dopravy. Výsledkem řešení úkolu jsou technické podmínky TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinujících ocelí, jehož součástí je Fotografický katalog vad a poruch ocelových konstrukcí z patinující oceli. Výsledky výzkumu byly publikovány na konferenci v Sheffieldu ve Velké Británii v roce 2007.

Autor: Mott MacDonald Praha spol. s r. o., Ing. Miloslava Pošvářová, FROSIO Inspector level 3, IWE, soudní znalec

miloslava.posvarova@mottmac.cz

V současné době jsou na stavbách v České republice navrhovány, vyráběny a zabudovávány do staveb pozemních komunikací ocelové mostní konstrukce z konstrukčních ocelí se zvýšenou odolností proti korozi (dodávané podle ČSN EN 10025-5) a to i přes jejich problémy s dosažením reálné životnosti u některých kritických konstrukčních detailů. V České republice nastává něco jako „come-back“ používání těchto ocelí pro ocelové mostní konstrukce pozemních komunikací. Pro výrobu konstrukcí se používá ocel podle ČSN EN 10025-5, výrobce oceli neposkytuje záruku na vytvoření ochranné vrstvy oceli. Mostní objekty mají většinou značnou délku přemostění (300 až 1000 m).

Rozbor zahraničních podkladů a zkušeností

Konstrukční nízkolegované oceli (nazývané také jako „patinující oceli“) byly vyvinuty ocelárnami v USA (US Steel) na začátku minulého století, za účelem dosažení významných úspor na provádění a údržbu protikorozní ochrany ocelových konstrukcí zejména železničních vagónů a později kontejnerů.

Ve výsledcích vývojových prací US Steel ve 20-tých letech minulého století bylo deklarováno, že přidáním malého množství mědi, chromu a fosforu dojde k žádoucím změnám i v užitečných vlastnostech oceli, tj. ke zvýšení pevnostních charakteristik ocelí a zvýšené korozní odolnosti za podmínek atmosférické koroze. Jejich zvýšená korozní odolnost je mj. vysvětlována tvorbou kompaktnější údajně oxidické vrstvy na povrchu oceli.

Výrobce oceli US Steel (obchodní název vyráběné oceli je CORTEN) sice uváděl, že „ochranná vrstva oceli (patina) snižuje rychlost atmosférické koroze v porovnání s běžnou ocelí bez protikorozní ochrany“ avšak jak se již mnohokrát prokázalo, pouze při splnění dalších podmínek a konstrukčních úprav ocelových konstrukcí.

Vyšší pevnost, dobrá zpracovatelnost oceli, dobrá svařitelnost a optimisticky proklamovaná eliminace potřeby další úpravy povrchu oceli nátěry, vytvořily z těchto jakostí ocelí ekonomicky atraktivní materiál pro mostní konstrukce. Patinující ocel byla používána pro výrobu dálničních mostů v USA během 20-ti let (1960 – 1980). Z tohoto materiálu bylo vyrobeno více jak 2 000 ocelových mostních konstrukcí pro dálnice v USA a to podle pokynů výrobce oceli, bez další úpravy povrchu oceli nebo povlakové protikorozní ochrany oceli, během životnosti a bez prováděné údržby.

Avšak již po 10-ti letech (v 70-tých letech minulého století) bylo zjištěno, že běžné venkovní prostředí vyvolalo u některých mostů nepřijatelné korozní poškození oceli, neodpovídající předpokládané odolnosti. Výsledkem bylo snížení životnosti konstrukcí, pokud by nebyla zahájena žádná nápravná opatření.

Federal Highway Administration (FHWA) zahájil v těchto letech rozsáhlý výzkum za účelem zjištění korozního mechanismu patinujících ocelí, včetně stanovení odpovídající předúpravy povrchu pro nátěrové systémy k opravě poškozených mostních konstrukcí vyrobených z patinujících ocelí. Výzkum byl prováděn pod vedením Steel Structures Painting Council (SSPC).

Závěr zkoumání příčin snížené životnosti nízkolegovaných patinujících ocelí vedl k formulaci mnoha zásad, které byly doporučeny konstruktérům a uživatelům konstrukcí k tomu, aby byly splněny předpoklady zvýšené korozní odolnosti. Tyto závěry převzali většinou s určitými úpravami světoví i čeští výrobci ocelí. Několikerá výměna technické generace na všech úrovních (konstrukce – projekce – výroba – aplikace) pak byla příčinou, že tato podmiňující omezení nebyla a nejsou u některých aplikací patinujících ocelí opět respektována.

Průzkum rozsahu poškození na mostech z patinujících ocelí v USA obsahoval mimo jiné rozbor korozních podmínek a současně ukázal, že stupeň korozního poškození je značně rozdílný, a to nikoliv pouze objekt od objektu, ale je rozdílný i v jednom místě nebo na stejné mostní konstrukci.

Definice a určení nevhodných (nebezpečných) podmínek vedlo FHWA ke stanovení pravidel pro navrhování a používání patinujících ocelí pro mosty NCHRP Report 272 (1984), NCHRP Report 314 (1989), vydáno ve Washingtonu, D.C, předpisy jsou platné doposud, bez jakýchkoliv změn.

Na základě zpracovaných výsledků výzkumu byl učiněn závěr, že ocelové mosty, vyrobené z nechráněné patinující oceli je nutné částečně nebo úplně opatřit nátěrem. FHWA iniciovala vytvoření studie v roce 1984 - pro definici pravidel pro údržbu těchto konstrukcí. Směrnice „Údržba natíraných patinujících ocelí“ je vytvořena

ve spolupráci s SSPC a je obsažena v NCHRP Report 272 (1984), NCHRP Report 314 (1989). Na základě ukončených výzkumů jsou tyto ocelové materiály pro konstrukce bez PKO zakázány ve 12 státech USA.

Praxe v České republice

Od 80-tých let minulého století byly používány ocelové válcované profily a plechy na výrobu svodidel, obkladů administrativních budov, stožárů vedení vysokého—napětí, konstrukcí lávek, mostů, konstrukce pro transformátorovny a rozvodny z oceli ATMOFIX A a ATMOFIX B.

Vyhodnocením koroze a oslabením konstrukcí se však doposud nezabýval žádný seriózní korozní výzkum. Existuje pouze dílčí výzkum realizovaný Technickou univerzitou Košice, (Doc.Ing. Ševčíková CSc.), a to více jak 30 let na vzorcích, se zaměřením zejména na vyhodnocení degradace mechanických vlastností oceli.

Závazný předpis v ČR pro používání patinující oceli neexistuje, existuje pouze zastaralý VN 73 1466 (vytvořený firmou Vítkovice a. s. z roku 1995). Jsou publikovány dílčí doporučující materiály pro použití patinující oceli (např. Mosty z patinující oceli ATMOFIX na dálnici D47 v Ostravě – vypracoval Ing. Dagmar Knotková, CSc - SVUOM, Ing.Lubomír Rozlívka, CSc.- Institut ocelových konstrukcí s.r.o., Frýdek Místek v roce 2005), materiál však neobsahuje žádné měření korozních úbytků, rozboru struktury ochranné vrstvy, měření skutečného korozního oslabení ocelových konstrukcí apod. ve vztahu k reálným podmínkám korozního prostředí na mostech pozemních komunikací. V České republice se aktivně prováděl výzkum malých vzorků oceli se zaměřením na korozi kovů vlivem pouze venkovní atmosféry firmou SVUOM (Ing.Dagmar Knotková, CSc.) v letech 1968-1978 a 1974-1986 a to pouze na malých vzorcích na stanicích. Výsledky byly posuzovány na vzorcích (tl. 1-2 mm), bez souvislostí s tvarem, statickým a dynamickým namáháním konstrukcí, ovlivněním výrobou oceli a konstrukcí (zejména svařováním), údržbou konstrukcí, vlivem posypových solí a vlivem dopravy na pozemních komunikacích.

Výsledky zahraničních výzkumů z USA a Japonska jsou známy a veřejně publikovány, více jak 30 let. Zejména vliv posypových solí (CH.R.L = chemické rozmrazovací látky, v ČR zejména 18-21% roztok NaCl nebo 18-21% roztok CaCl₂) ze zimní údržby a také požadavky na údržbu ocelové konstrukce jsou podstatné pro životnost ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli. Údržba konstrukcí se musí provádět minimálně do doby vytvoření ochranné vrstvy oceli (5-10 let od expozice), avšak tento požadavek nebyl v České republice do pokynů pro používání této oceli nikdy zapracován. Bylo zdůrazňováno, že ocel a konstrukce z této oceli vyrobené, nevyžadují údržbu. Pro zdůvodnění použití této oceli byly vykazovány významné finanční úspory, vzniklé zrušením údržby.

Firma Mott MacDonald prováděla během roku 2006 a 2007 prohlídky cca 30-ti ocelových konstrukcí, vyrobených z patinující oceli, stáří 16 - 32 let, včetně vyhodnocení stavu povrchu oceli a hloubky koroze s ohledem na životnost konstrukcí. Výsledky jsou zpracovány do Fotografického katalogu vad, který má sloužit pracovníkům, kteří provádějí hlavní prohlídky mostů podle ČSN 73 6221, k identifikaci zjištěných poruch.

Výsledek výzkumu je Ředitelstvím silnic a dálnic ČR využíván k vyhodnocení nových materiálů a technologií a inovaci návrhových, zkušebních a diagnostických postupů v procesu výstavby, rekonstrukce a údržby liniových dopravních staveb. Současně bude sloužit ke stanovení podmínek, za kterých je možné ocelové mostní konstrukce z patinující oceli používat.

Výsledky prohlídek:

Výsledky prohlídek, které byly prováděny firmou Mott MacDonald potvrdily v plném rozsahu korozní poruchy patinujících ocelí, zjištěné a publikované v USA v 80-tých letech minulého století.

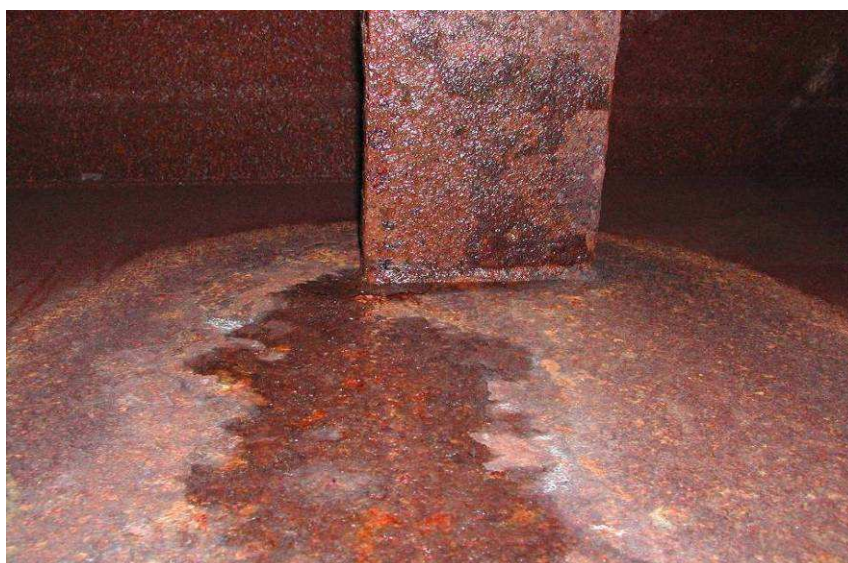
Ochranná vrstva oceli se u konstrukcí vytvořila pouze v omezených ohraničených místech a nikoliv komplexně po celém ocelovém povrchu, a tím nedošlo k předpokládané ochraně oceli. Byla zjištěna místa celoplošně poškozená důlkovou korozí a místa s hloubkovou korozí s vrstevnatými korozními produkty (Obrázek 3, 5, 6, 8, 9, 10). Místa s vrstevnatými korozními produkty byla v některých případech diagnostikována v celých délkách hlavních nosníků mostů, včetně zasažení nosných svarových spojů. Při měření korozních úbytků byla měřena místa celoplošného oslabení po 30-ti letech ve venkovském prostředí až 700 mikrometrů na svislých plochách a až 1 400 mikrometrů na vodorovných plochách. K nejhorším korozním úbytkům a projevům důlkové koroze a koroze s vrstevnatými korozními produkty došlo u mostních konstrukcí (místně 2 – 3 mm po 32 letech) a to z těchto důvodů:

1. Ochranné vlastnosti vznikající ochranné vrstvy jsou závislé na dobré přilnavosti k povrchu. U dynamicky namáhaných konstrukcí dochází k vibracím těchto konstrukcí při průjezdu vozidel a tvorba patiny je tak snížena. Vrstva sloučenin železa na povrchu oceli se při vibracích konstrukce opakovaně odlučuje od povrchu oceli a dochází tak k opakované obnově základní ochranné vývojové vrstvy.
2. V atmosféře obklopující mostní konstrukce vznikají během zimní údržby aerosoly s vyšším obsahem chloridových iontů, kdy dochází k běžné rychlosti depozice Cl⁻ od 3 do 1500 mg.m⁻².den⁻¹.
3. Mostní konstrukce jsou členitého tvaru. Neobsahují pouze svislé plochy, ale i plochy vodorovné, výztuhy podélné i příčné, množství koutů, kde dochází k zadržování vlhkosti a depozitů nečistot z provozu nebo okolní vegetace. Také představa, že konstrukce jsou chráněny z horní strany

železobetonovou konstrukcí mostovky je mylná, protože ve volném prostředí existuje vítr a vzdušné víry, které způsobují nanášení klimatických srážek na stěny a pásnice mostních konstrukcí. Vnitřní plochy mezi volnými nosníky pak brání vysychání vlhkosti na stěnách a na dolních pásnicích mostů a ty jsou trvale vlhké. Na dolních pásnicích a stěnách do výšky cca 350 mm potom vzniká výrazná důlková koroze a koroze s tvorbou vrstevnatých korozních produktů (Obrázek 5).

4. V místech betonových opěr a pilířů dochází ke stékání korozních produktů po konstrukcích, v místech netěsných mostních závěrů nebo chybných konstrukčních detailů k zatékání a k výraznému koroznímu oslabení stěn a konců nosníků nebo konstrukcí (Obrázek 1, 2, 7). U konstrukcí stáří kolem 30-ti let bylo zjištěno, že během 20-ti let jejich životnosti byli majitelé konstrukcí s ohledem na vzniklou korozi nuceni provádět dodatečné nátěry těchto konstrukcí, často s pochybným výsledkem (Obrázek 4). Při vzniku důlkové koroze je totiž velmi obtížné provést dokonalé otryskání ocelového povrchu tak, aby v důlcích nezůstávaly zbytkové depozity solí a nečistot. Při následné realizaci nástřiku povlaku protikorozní ochrany není vrstva povlaku nanášena do celé plochy důlku (důlek pouze překlenuje) a vzniká tak kontaminace podkladu pod nátěrem a následný vznik puchýřů. Výsledkem je puchýřkování nátěrového povlaku, podkorodování a jeho degradace do 5 let od jeho provedení.

Nejhorší případy korozního poškození byly diagnostikovány v místech nosných krčních svarů dolní pásnice a stěny hlavních nosníků. Stav je rizikový zejména proto, že se nejedná o lokální, ale souvislá místa korozního poškození, viz Obrázek 5.



OBRÁZEK 1,2 – Koroze ve vrstvách stěny hlavního nosníku mostu, místní oslabení stěny do 2000 μm , rok výroby 1991, stáří 16 let. Silniční most, městská atmosféra.



OBRÁZEK 3 – Koroze dolní pásnice mostu z obrázku 1 a 2 uvnitř komory, oslabení do 1000 μm s důlkovou korozí do 5000 μm , rok výroby 1991, stav za 16 let. V roce 2007 byly konstrukce opatřeny uvnitř komor mostu dodatečnými nátěry. Silniční most, městská atmosféra.



OBRÁZEK 4 – Koroze šikmé diagonály hlavního nosníku mostu, majitel byl nucen z důvodu oslabení stěny doplnit konstrukci nátěrem po 20 letech zabudování. Oslabení do 1000 μm s důlkovou korozí do 1000 μm , rok výroby 1979. Stáří mostu 27 let. Železniční most, venkovské prostředí.



OBRÁZEK 5 – Koroze stěny v celé délce (30m) hlavního nosníku mostu u dolní pásnice, charakter koroze – lístková struktura s odlučováním vrstevnatých korozních produktů od podkladu, velikost odloučených lístků 3-6 mm, oslabení stěny do 2000 μm , oslabení koutového svaru až 3000 μm . Stáří mostu 17 let. Železniční most, venkovské prostředí.



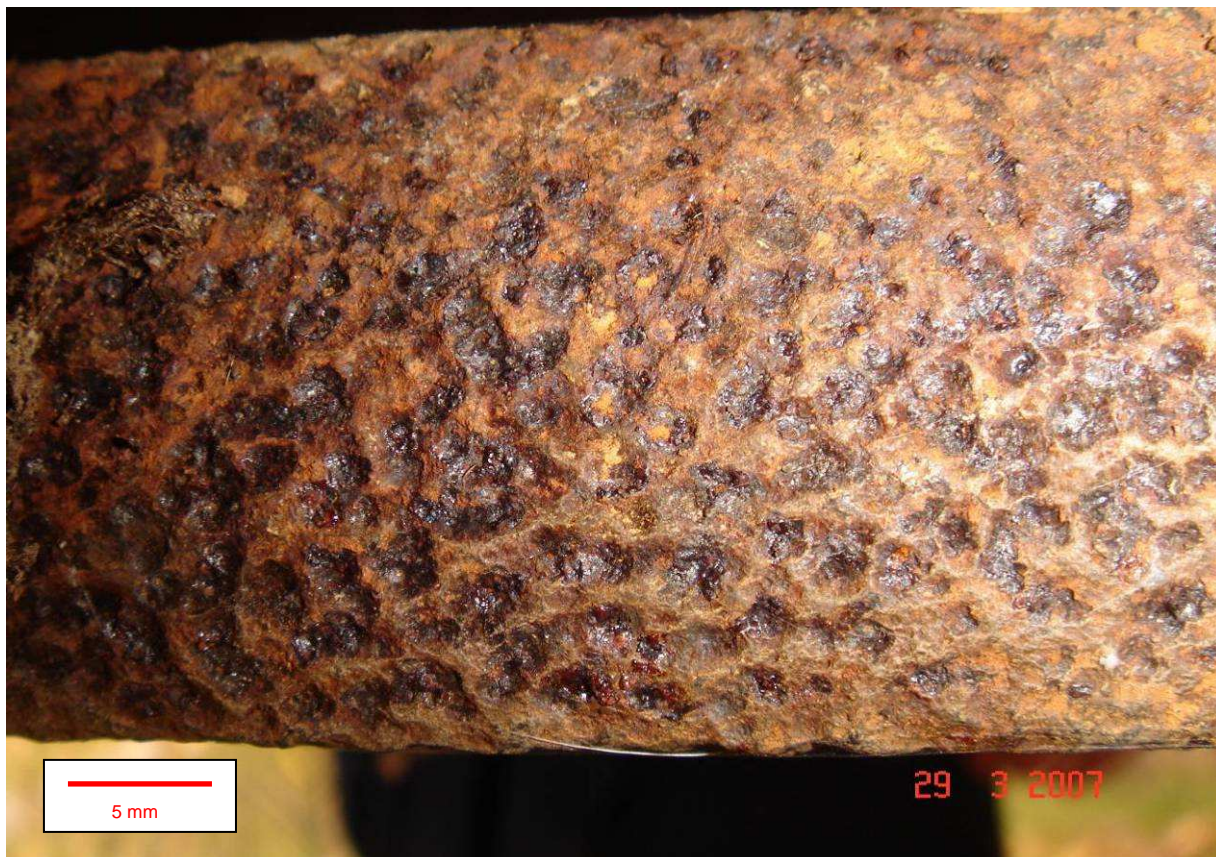
OBRÁZEK 6 – Koroze dolní pásnice mostu – detail struktury.



OBRÁZEK 7 – Koroze dolní pásnice mostu a stěny s vrstevnatými korozními produkty – detail u mostního závěru, silniční most, městské prostředí. Zatékání přes netěsný mostní závěr.



OBRÁZEK 8 – Detail struktury dříkové koroze pod ocelovou konstrukcí, žádná ochranná vrstva oceli se po 18-ti letech nevytvořila, železniční most, venkovské prostředí



OBRÁZEK 9 – Detail důlkové koroze dolní pásnice mostu – detail struktury, stáří mostu 31 let, oslabení do 1000 μm , oslabení v místě důlků do 1000 μm , silniční most v areálu, kde není prováděna zimní údržba s použitím CHRL, venkovská atmosféra.



OBRÁZEK 10 – Detail důlkové koroze příhradové konstrukce roštu, stáří 31 let, oslabení do 1500 μm . Konstrukce byla v roce 2007 sešrotována.