

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

METODIKA POSUZOVÁNÍ KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB VYROBENÝCH Z PATINUJÍCÍ OCELI PRO SOUDNÍ ZNALCE

**METHODOLOGY FOR JUDICIAL EXPERTS ON ASSESSMENT OF STRUCTURES PRODUCED OF
WEATHERING STEEL**

DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ING. MILOSLAVA POŠVÁŘOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

DOC.ING.LEONARD HOBST CSC.

BRNO 2008

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Ing. Miloslava Pošvářová

Bytem: Brno, Slovanské nám. 5, 602 00

Narozen/a (datum a místo): 4.10.1963 Brno

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Ústav: Ústav soudního inženýrství

se sídlem: v Brně, Údolní 53, budova U14, 1. patro

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření rektorem VUT,

prof. Ing. Karlem Raisem, CSc., MBA

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

☒ disertační práce

☐ diplomová práce

☐ bakalářská práce

☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: METODIKA POSUZOVÁNÍ KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB
VYROBENÝCH Z PATINUJÍCÍ OCELI PRO SOUDNÍ ZNALCE

Vedoucí/ školitel VŠKP: Doc. Ing. Leonard Hobst CSc.

Ústav: Ústav soudního inženýrství

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

☒ tištěné formě – počet exemplářů 5

☒ elektronické formě – počet exemplářů 1 (CD, formát pdf.)

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ X ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ □ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ □ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ □ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ □ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 5.6.2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Bibliografická citace VŠKP

POŠVÁŘOVÁ, Miloslava. *Metodika posuzování konstrukcí pozemních staveb vyrobených z patinující oceli pro soudní znalce: disertační práce*. Brno, 2008. 104 s., 5 s příl. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.

Abstrakt v českém a anglickém jazyce

Obsahem disertační práce je návrh metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, se zaměřením na hodnocení ochranné vrstvy oceli, pro soudní znalce. Práce vychází ze současného stavu poznání problematiky patinující oceli s tím, že výzkum těchto ocelí není ukončen a stále pokračuje. Patinující oceli jsou oceli, které jsou schopny, za určitých podmínek, vytvářet na svém povrchu vrstvu korozních produktů, která ocel dále chrání proti dalšímu koroznímu procesu. Autor disertační práce je současně autorem technických podmínek ministerstva dopravy TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, které specifikují podmínky, za kterých se ocelové konstrukce navrhují, posuzují a udržují po celou dobu životnosti. Autor disertační práce řeší v rámci národního programu výzkumu (výzkumný úkol č. 1F82C/012/910), který je poskytovaný ministerstvem dopravy, v podprogramu Bezpečná a ekonomická doprava, možné důsledky nekontrolovaného korozního procesu pro mosty pozemních komunikací. Přínosem disertační práce pro obor soudního znalectví je vypracování základní metodiky pro posuzování konstrukcí vyrobených z patinujících ocelí. V České republice, ani v zemích EU neexistuje žádný standard, podle kterého by mohla být tato problematika řešena v rámci případných soudních sporů. Autor vytvořil metodiku pro posuzování konstrukcí na základě vizuálního hodnocení povrchu oceli a jejího zařazení do stupně podle stavu koroze – etalon koroze oceli a svarů, dále vytvořil metodiku měření korozního oslabení oceli a sestavil Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí z patinující oceli, ukázka katalogu je v Příloze J disertační práce.

Content of the Doctoral thesis is a methodology for juridical experts on the assessment of structures manufactured of weathering steel, with special attention to evaluation of the protective corrosion layer. Existing status of knowledge of these materials is the base for work with assumption that research in to weathering steel continues.

Weathering steel is able – under specific condition, to develop on the surface layer of corrosion products, which protects material from further corrosion. Author of the dissertation work is also author of technical and qualitative condition for the MoT – TO Steel structures produced of the weathering steel. TP specifies the condition for design, production and life span maintenance of the structures. In the frame of the National Research Program of MoT (research task No. 1F82C/012/910), the author researches the uncontrollable corrosive process on steel bridges. Main benefit of the dissertation work is a establishing of thorough methodology for assessment of the structures of weathering steel structures. Nor Czech Republic, neither in other European countries exists today standard for the relevant proceedings on the subject. The author has developed the methodology based on visual assessment of the structure surface and comparison with etalon of corrosion. She has also developed methodology for the measurement of thickness reduction and she also assembled the Catalogue of defects of structures produced of weathering steel.

Klíčová slova v českém a anglickém jazyce

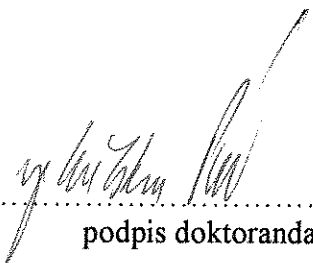
Pozemní stavby, ocelové konstrukce, patinující ocel, ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, korozní oslabení, etalon, vizuální posouzení, svarové spoje, metodika, systém, technické podmínky, záruční doba, smluvní podmínky, obrazový katalog vad a poruch, soudní znalec, znalecký posudek.

Structures, buildings, steel structures, weathering steel, thickness deficiency caused by corrosion, etalon, visual inspection, welds, methodology, technical condition, maintenance period, contract condition, judicial expert, Mott MacDonald's Atlas of Corrosion. Weathering Steel, expert assessment.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně. Uvedla jsem všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.6.2008



.....
podpis doktoranda

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla vypracována v rámci činnosti autora, jako externího doktoranda, na Ústavu soudního inženýrství v Brně, v letech 2006 – 2008. Působení ústavu bylo velmi přínosné s ohledem na získání nových názorů na činnost stavebního inženýra v rámci pracovní činnosti na stavbách v České republice. Pro získání globálního názoru na výkon činnosti inženýra, v pozici zástupce objednatele stavby, autora specifikací, stavebního dozoru, experta, ale v závěru i soudního znalce v oboru, je nezbytné právní vědomí, znalost právních dopadů z hlediska zákonů na učiněná technická rozhodnutí. To vše jsem získala v období vzdělávání se, na Ústavu soudního inženýrství v Brně.

Dovoluji si tedy poděkovat panu Prof. Ing. Albertu Bradáčovi, DrSc., řediteli ústavu, za umožnění studia na ústavu, JUDr. Miroslavu Kledusovi, za probuzení a posílení právního vědomí, Ing. Lubomíru Weiglovi, CSc. za morální podporu a posilu v činnosti soudního znalce, paní Haně Frankové za komplexní servis a pomoc.

Dále si dovoluji vyjádřit díky svému školiteli, Doc. Ing. Leonardu Hobstovi, CSc., za trpělivost, pochopení, zázemí a poskytnuté rady.

Práce by nemohla vzniknout bez finančních prostředků z výzkumných grantů ministerstva dopravy České republiky a Ředitelství silnic a dálnic České republiky.

Dovoluji si poděkovat za umožnění výzkumu, za poskytnutou spolupráci, trpělivost a podporu při řešení problematiky patinující oceli, panu Ing. Lubomíru Tichému, CSc., Ing. Josefu Slámovi CSc., Ing. Janu Hromádkovi a Ing. Janu Marusičovi.

Na závěr si dovoluji poděkovat zástupcům ministerstva dopravy České republiky, Ředitelství silnic a dálnic ČR a všem oponentům a recenzentům, kteří přispěli ke zlepšení odborné úrovně a kvality předložené disertační práce jako metodiky, použité v technických podmínkách ministerstva dopravy, pro stavby pozemních komunikací jako TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinující oceli v roce 2008. Poděkování patří zejména Doc. Ing. Jarmile Ševčíkové, CSc. z Technické university Košice, Doc. Ing. Jaroslavu Bystrianskému, CSc. z VŠCHT Praha, Ing. Jiřímu Sachlovi z firmy TEDIKO s.r.o, Ing. Jaroslavu Sigmundovi z firmy Vítkovice, Power Engineering a.s. a panu Radku Čuprovi.

Brno, červen 2008
Ing. Miloslava Pošvářová



OBSAH

A ÚVOD	3
B SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	4
C CÍLE PRÁCE A METODY PRO DOSAŽENÍ CÍLE	5
C.1 Cíle disertační práce	5
C.2 Metody pro dosažení cíle	5
D METODY ZPRACOVÁNÍ	6
D.1 Experimentální část	6
D.1.1 Režim chování oceli v atmosféře – obecný model	6
D.1.2 Diagnostika konstrukcí v experimentální části	13
D.2 Teoretická část	13
E VÝSLEDKY PRÁCE	14
E.1 Základní způsob přístupu soudního znalce	14
E.2 Aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány ve znaleckém posudku	16
E.2.1 Obecná teorie vypracování posudku	16
E.2.2 Konkrétní kroky znalce při vypracování posudku	20
(Podle členění znaleckého posudku)	
1. NÁLEZ	20
1.1 SPISOVÝ MATERIÁL	20
1.2 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE OCELOVÉ KONSTRUKCE	20
1.2.1 Zadávací dokumentace	20
1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů ocelové konstrukce	20
1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace	33
1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí	44
1.2.2 Prováděcí dokumentace	51
1.2.2.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů ocelové konstrukce	51
1.2.2.2 Základní materiál, specifikace	52
1.2.2.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí	52
1.2.2.4 Technologické předpisy výroby, montáže, protikorozní ochrany	55
1.2.2.5 Metodika posuzování chování konstrukce, metodika měření korozního oslabení konstrukce	58
1.3 SMLUVNÍ PODMÍNKY	79
1.4 STAVEBNÍ, MONTÁŽNÍ DENÍKY, NATĚRAČSKÉ DENÍKY	82
1.5 DODACÍ LISTY, FAKTURY	82
1.6 ZÁPISY Z DÍLENSKÝCH PŘEJÍMEK, MONTÁŽNÍCH PROHLÍDEK OCELOVÉ KONSTRUKCE, VČETNĚ VEŠKERÝCH DOKLADŮ	83
1.7 ZÁPIS Z HLAVNÍ PROHLÍDKY V DOBĚ UVEDENÍ DO PROVOZU	83
1.8 ZÁPIS Z PŘEDÁNÍ A PŘEVZETÍ STAVBY	84
1.9 PROTOKOLY GEODETICKÉHO ZAMĚŘENÍ KONSTRUKCE	84
1.10 VÝSLEDKY MĚŘENÍ TLOUŠTKY OCELOVÝCH PROFILŮ	84
1.11 ZÁPIS Z HLAVNÍCH PROHLÍDEK, BĚŽNÝCH A MIMOŘÁDNÝCH PROHLÍDEK, VČETNĚ PŘÍLOH	84
1.12 ZÁPIS Z PROVÁDĚNÉ ÚDRŽBY KONSTRUKCE	94

1.13	MÍSTNÍ ŠETŘENÍ	94
1.13.1	Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací	94
1.13.1.1	Vliv tvaru ocelové konstrukce, detailů, spojů na stav konstrukce	94
1.13.1.2	Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce	94
1.13.1.3	Vliv provedené povlakové protikorozi ochrany na stav konstrukce	94
1.13.1.4	Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima	94
1.13.2	Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem	94
1.13.3	Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození	94
1.13.4	Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky	94
1.13.5	Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle Obrazového katalogu vad a poruch	94
2.	POSUDEK	94
2.1	ZNALCKÝ ÚKOL, PŘESNÁ CITACE	94
2.2	SYSTÉM ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ NÁLEZU DO DIAGRAMU NÁLEZU	94
2.3	ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH PŘÍČIN NÁLEZU	95
2.4	VYHODNOCENÍ ANALÝZY PŘÍČIN	95
2.5	ZÁVĚR POSUDKU	95
F	ZÁVĚR	96
G	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	97
H	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	104
I	SEZNAM PŘÍLOH	105
J	PŘÍLOHY	105
	Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli (ukázka systémového členění)	
J.1	Přehled a členění katalogu	105
J.2	Popis katalogového listu (jak používat katalog)	107
J.3	Katalogové listy - ukázka	108

ÚVOD

Smyslem a náplní disertační práce je návrh metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, se zaměřením na hodnocení ochranné vrstvy oceli, pro soudní znalce.

Pro pochopení celé práce je třeba nejprve vysvětlit, co jsou patinující oceli a jak se odlišují od běžných jakostí ocelí. Patinující oceli, podle současných norem nazývané oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, se svým charakterem chování řadí mezi mikrolegované korozivzdorné oceli, tedy oceli, které odolávají procesům koroze.

Patinující oceli byly vyvinuty v USA ve 30. letech minulého století z ocelí mikrolegovaných měďí. Zjistilo se totiž, že ocel vyrobená ze šrotu, kde nebylo možné metalurgicky odstranit měď, má vyšší odolnost vůči vlivům atmosféry než ocel, vyrobená ze surového železa. Postupně se složení ocelí ustálilo na legurách Cu, P, Cr, Ni, Mo, V, Nb a Ti. Výrobci těchto ocelí, US Steel, Bethlehem Steel, Stelco, Great Lakes Steel, Republic Steel, Armco, Kaiser Steel dodávali na trh v USA tyto oceli pod obchodním názvem COR -TEN A, COR -TEN B, MAYARI R - 50, STELCOLOY 50, REPUBLIC 50, apod. Ocel je schopná vytvářet (při působení venkovské nebo městské atmosféry) na svém povrchu vrstvu korozních produktů, která brzdí další korozní proces. Použití této oceli bylo významné zejména pro výrobu železničních vagónů a kontejnerů, později také pro výrobu zejména dálničních mostů. Ocel se následně rozšířila i na evropský kontinent. Její použití bylo určeno převážně pro venkovní neuzavřené konstrukce, jediný omezující vliv bylo limitované znečištění vnější atmosféry SO₂. České směrnice pro použití těchto ocelí [67] uváděly kritickou hranici znečištění SO₂ pro vznik ochranné vrstvy oceli pro přijatelnou korozní rychlost v úrovni 90 mg.m⁻².d⁻¹ (v zahraniční literatuře [2] je uváděna limitní hranice 50 mg.m⁻².d⁻¹).

Oceli byly vyráběny také v České republice, a to od 80-tých let minulého století, pod obchodním názvem ATMOFIX A a ATMOFIX B a jejich vývoj a použití bylo významně finančně podporováno tehdejšími socialistickým politickým systémem v rámci činnosti Koordinačního výboru pro zavádění oceli se zvýšenou odolností proti korozi do národního hospodářství. Vývoj ocelí byl řešen ve spolupráci se zeměmi RVHP, převážně s NDR a SSSR. Prognózy o používání těchto ocelí z let 1971 až 1976 byly velmi optimistické a byly směřovány k úplné náhradě konstrukčních uhlíkových ocelí za oceli patinující do 15 až 20-ti let, viz výzkumné zprávy z let 1971 až 1977 číslo: P06-123-041, P06-124-041, P15-124-014-02/1847/204, P15-124-014-04-05/1950/211.

Přínosem disertační práce pro obor soudního znalectví je vypracování základní metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, se zaměřením na vyhodnocení ochranné vrstvy oceli, která ji chrání před degradací korozních účinků. V České republice ani v rámci EU neexistuje žádný standard, podle kterého by mohla být tato problematika jednoznačně posouzena. V rámci této práce byla vytvořena pravidla a metodika pro: vizuální posouzení ochranné vrstvy koroze na povrchu ocelových konstrukcí podle etalonu koroze oceli a svarů, metodika měření korozního oslabení ocelových konstrukcí a Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli [101]. V současné době (červen 2008) je metodika uvedená v této disertační práci zapracována do technických podmínek ministerstva dopravy ČR, je předmětem připomínkového řízení a bude během roku 2008 vydána jako TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli. Po mezinárodní recenzi Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli, bude katalog vydán v anglické verzi jako monografie.

B SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Pro používání patinujících ocelí pro ocelové konstrukce byla v České republice vydána Technickoekonomickým výzkumným ústavem hutního průmyslu v roce 1975 Poradenská pomůcka TEVÚH č.15.

V roce 1976 však došlo k masivní štěrbinové korozi obkladových plechů z materiálu ATMOFIX A na obchodním domě v Liberci, plechy musely být demontovány a byly nahrazeny novými, což vyvolalo vydání „Směrnice pro použití nízkolegovaných konstrukčních ocelí ATMOFIX se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi“ v roce 1978 [67]. V roce 1990 byla tato směrnice upřesněna vnitropodnikovou normou firmy Vítkovice a.s. Ostrava, která byla vydána pod označením VN 73 1466 z 26.9.1990. V roce 1995 byla tato norma revidována a s účinností od 1.4.1995 platila jako podniková norma [68]. Norma byla uváděna jako jediné technické pravidlo nebo doporučení pro používání patinujících ocelí v České republice, přestože byla její platnost zrušena.

V současné době tedy neexistuje žádné pravidlo pro používání ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, neexistuje žádný evropský standard a záruční podmínky pro ocelové konstrukce nejsou definovány.

Tato situace vyžadovala legislativní nápravu, protože jsou tyto oceli používány v posledních 8-mi letech zejména pro ocelové mosty na stavbách pozemních komunikací. V roce 2006 byly zahájeny práce na tvorbě technických podmínek pro používání patinujících ocelí a v roce 2008 jsou na základě požadavku ministerstva dopravy připraveny k vydání technické podmínky TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinující oceli [99]. Tyto technické podmínky vycházejí z této doktorské disertační práce, určují základní pravidla pro navrhování tvaru a detailů konstrukcí, požadavky na provádění spojů, specifikují požadavky na jakost ocelových materiálů, způsob údržby, provádění inspekci a také požadavky na plnění záručních podmínek. Podle metodiky, uvedené v této disertační práci, je současně je sestaven Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli. Katalog vad a poruch byl sestaven na základě provedené diagnostiky těchto konstrukcí v letech 2006 – 2007, obsahuje zjištěné vady a poruchy konstrukcí, které byly vyrobeny v letech 1975 až 1994. Přestože technické podmínky jsou určeny pro stavby pozemních komunikací v resortu ministerstva dopravy, jsou obecně formulovány a je možné je používat pro drážní objekty nebo objekty konstrukcí jiných majetkových správců (například ČEZ – sořáry vysokého napětí).

Pokud provedeme analýzu stavu legislativy patinujících ocelí ve světě, existují pravidla po použití těchto ocelí v USA, od roku 1989 [1],[2]. Problematika však spočívá v různých klimatických podmínkách jednotlivých kontinentů a zemí, kde se oceli používají (mikroklima), a také v odlišných jakostech ocelí. Proto je třeba, aby analýza a vyhodnocení chování konstrukcí probíhalo v jednotlivých zemích individuálně, podle typů konstrukcí, jejich umístění, podle jakosti patinující oceli a také, podle prováděné zimní údržby konstrukcí. Vliv chloridů ze zimní údržby má totiž zásadní vliv na tvorbu ochranné vrstvy oceli. Nemůžeme porovnávat například ocelové mosty v Itálii a v České republice. Pro vytvoření metodiky bylo třeba prostudovat značné množství zahraniční literatury, viz seznam použitých zdrojů. Výzkum těchto ocelí není zdaleka ukončen, proto se dá očekávat další nutná aktualizace metodiky v následujících letech zejména proto, že se vyvíjejí nové typy těchto ocelí, které mohou přinést odpovědi na skutečné chování ocelí nejdříve po 10 letech po jejich zabudování.

C CÍLE PRÁCE A METODY PRO DOSAŽENÍ CÍLE

C.1 Cíle disertační práce

Hlavním cílem disertační práce je vypracování metodiky pro posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli pro soudní znalce. Výhodou je, že pravidla pro navrhování, výrobu, montáž a záruční podmínky pro stavby pozemních komunikací jsou shodné, protože jsou vypracovány jedním autorem. Kritéria jsou tedy vzájemně provázána.

Schválením a přijetím technických podmínek TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli [99], se tato disertační práce stane prakticky použitou pro všechny stavby v České republice, v působnosti ministerstva dopravy.

C.2 Metody pro dosažení cíle

Pro dosažení cíle bylo třeba nejprve autorem této disertační práce vytvořit technické a kvalitativní podmínky pro ocelové konstrukce obecně, včetně jejich schválení. Technické a kvalitativní podmínky určené pro stavby pozemních komunikací, platné pro resort ministerstva dopravy, TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce [102] vycházejí z více jak 21 let zkušeností autora na stavbách pozemních komunikací, viz životopis. Obsahují obecné specifikace pro provádění ocelových konstrukcí a mostů, včetně povlaků protikoroze ochrany. Proto jsou v předložené metodice soudního znalce uváděny odkazy na tyto základní TKP.

Technické a kvalitativní podmínky TKP kapitola 19 byly schváleny a vydány ministerstvem dopravy ČR pod číslem MD-OI, č.j.230/08-910-IPK/1 ze dne 12.3.2008, platí s účinností od 1.dubna 2008.

Souběžně s tvorbou technických a kvalitativních podmínek TKP kapitola 19, autor této disertační práce zpracoval experimentální a následně teoretickou část výzkumu a diagnostiky konstrukcí vyrobených z patinující oceli, tedy speciální části TKP kapitoly 19.

Experimentální část disertační práce probíhala v letech 2006-2007, tedy 2 roky, ve formě diagnostiky ocelových konstrukcí, které byly vyrobeny a zabudovány v letech 1975 – 1994. Až teprve poté, co byly získány informace o chování ocelových konstrukcí, bylo možné vytvořit teoretickou část disertační práce.

Teoretická část této disertační práce obsahuje zásady pro posuzování ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli, na základě realizovaných vizuálních prohlídek konstrukcí, podle originálně vytvořeného etalonu koroze oceli, Tabulka 20 a etalonu koroze svarů, Tabulka 21. Etalony byly zjišťovány a sestaveny v experimentální části, na základě realizovaných prohlídek konstrukcí. Současně byla vytvořena metodika měření ocelových profilů během životnosti konstrukcí a stanovení jejich oslabení korozními procesy. Disertační doktorská práce v teoretické části obsahuje metodiku sestavení Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli. Teoretická část řeší jednotlivé kroky, které musí být soudním znalcem učiněny, při vypracování znaleckého posudku.

D METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce je koncepčně rozdělena do dvou částí:

- D.1 Experimentální část
- D.2 Teoretická část

V experimentální části práce (2006-2007) bylo řešeno na základě pochopení mechanismu koroze oceli, chování skutečných, zabudovaných ocelových konstrukcí ve vnější atmosféře. Byly vytvořeny rozsáhlé fotodokumentace vad a poruch konstrukcí, které sloužily jako materiál pro vytvoření originálních etalonů koroze oceli a svarů a k vytvoření Obrazového katalogu vad a poruch.

V teoretické části práce (2007-2008) byly výsledky experimentální části zpracovány.

D.1 Experimentální část

Pro pochopení chování patinující oceli v korozním prostředí je třeba znát teorii vzniku koroze oceli.

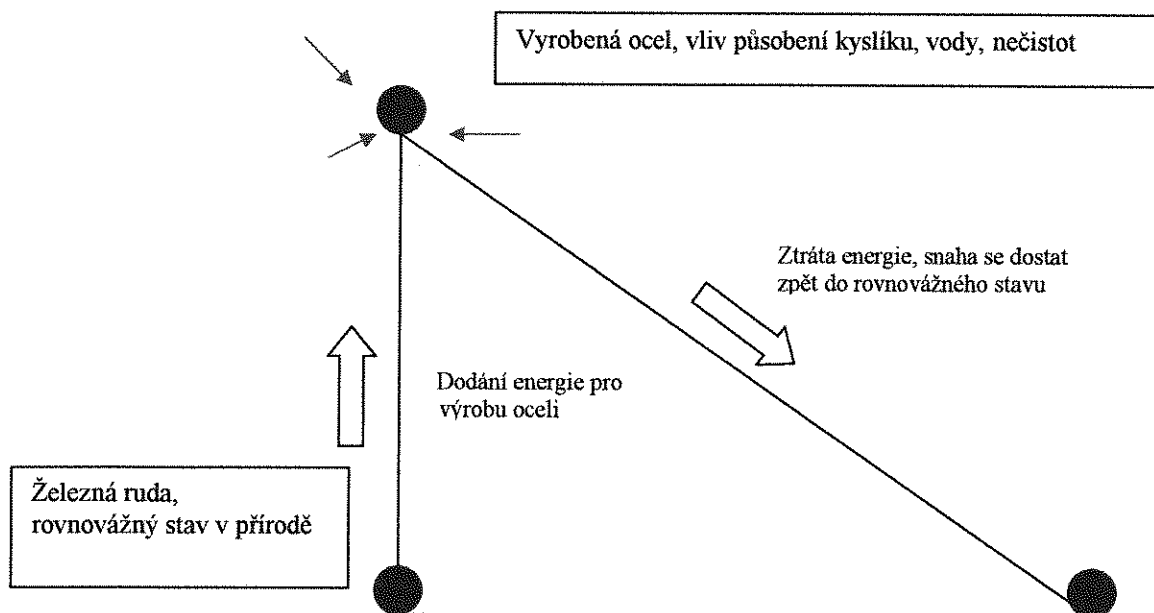
D.1.1 Režim chování oceli v atmosféře – obecný model

Koroze oceli souvisí s jejím vystavením vlivu atmosféry. Jedná se o interakci materiálu a prostředí, za podmínky působení vody a kyslíku, ale také znečištění, které je ve vzduchu přítomno, zejména vliv SO_2 . Rychlost koroze je snižována vznikajícími korozními produkty, oxidy železa a dalšími nově se vytvářejícími chemickými sloučeninami. Tento proces můžeme definovat jako soubor chemických reakcí. Chemická reakce je současně elektrochemickým procesem v přírodě, protože se uvolňují a přemísťují elektrony. Tyto procesy je možné vysvětlit následovně. V přírodě volně se vyskytující železná ruda je za přidání velkého množství energie přeměněna na ocel, ale ta má tendenci se vrátit zpět do původního přírodního stavu. Tomu napomáhá působení vody, kyslíku, SO_2 a dalšího znečištění, které je přítomno ve vzduchu. Proces je zřejmý z *Obrázku 1*. Železná ruda, která je těžena v přírodě, je s přidáním energie redukována a přetvořena do – oceli. Ocel se snaží při současném působení atmosféry (kyslíku, vody, nečistot) vrátit zpět do základního energetického stavu, se současnou ztrátou energie, do stavu železné rudy.

Cílem výzkumných pracovníků a týmů specialistů jako Bucka, Taylersona, Larrabee, Coburna [1] bylo vytvořit ocel, která by svým chemickým složením a energetickým obsahem simulovala stav železné rudy v přírodě, která by byla schopna vytvořit samoochrannou oxidickou vrstvu, která by zajistila rovnovážný stav uměle vytvořené oceli, podobně, jako to umí zinek nebo hliník v přírodě.

Podle publikované teorie v [1] je možné popsat tři druhy atmosférických korozních procesů, a to:

- Korozní proces 1 - Reakce se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem
- Korozní proces 2 - Regenerační cyklus s kyselinou sírovou
- Korozní proces 3 - Elektrochemický cyklus



Obrázek 1 – Snaha oceli o návrat do stavu původní, přírodní železné rudy

Korozní proces 1 - Reakce se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem

Nejprve je třeba vysvětlit reakci povrchu oceli se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem.

Když je ocel napadena vlhkostí v přírodní atmosféře, prvním oxidačním produktem jsou vzniklé ionty železa ve formě Fe^{2+} . Série reakcí, které budou dále popisovány, byla publikována v pracích Kunze (1974) a v dalších.

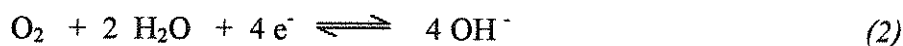
Reakce na anodě:

Železo se na anodě za působení vlhkosti rozpouští podle reakce:

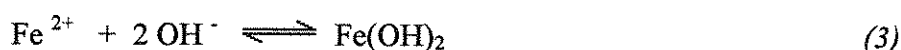


Reakce na katodě:

Současně na katodě, pro vyrovnaní rovnováhy, jsou přijímány z anody uvolněné elektrony, které reagují s kyslíkem a vodou a vznikají hydroxidové ionty (kyslíková depolarizace). Reakce probíhají v rozmezí pH 4 až 10:



A následně vzniká reakce:

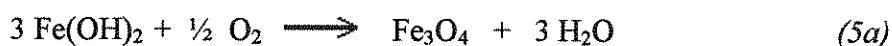


Rychlost této reakce je závislá na rychlosti průniku kyslíku k povrchu oceli a také na tom, jestli je povrch oceli relativně čistý nebo je již pokrytý silnými ale porézními korozními produkty. Korozní produkty (oxidy a hydroxidy železa) na povrchu oceli vznikají právě při prostředí, charakterizované hodnotou pH 4 – 10.

Dále však dochází k další reakci, a to:



Jestliže není přísun kyslíku dostačující, předchozí reakce se mění na :



nebo podle Hillera (1966):



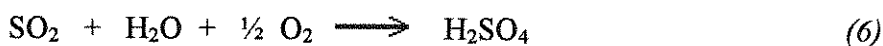
Uvedené reakce se vzdušnou vlhkostí jsou pozvolné. Vlhký vzduch, dokonce i když je nasycený vodou, má při nepřítomnosti prachu a nečistot jen mírné korozní účinky. Avšak jestliže se vyskytnou aktivní stimulatory koroze, jako průmyslové prostředí, chloridové ionty, dochází k rychlé korozi povrchu oceli.

Korozní proces 2 - Regenerační cyklus s kyselinou sírovou

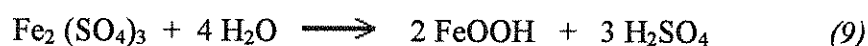
Dále je třeba se věnovat popisu regeneračního cyklu s kyselinou sírovou.

Neznámějším znečištěním v průmyslovém prostředí je oxid siřičitý SO_2 . Za jeho přítomnosti v prostředí dochází k následujícím, níže uvedeným reakcím.

Na povrchu rzi jako katalyzátoru, dochází ke vzniku kyseliny sírové (souhrnná reakce):



Kyselina sírová napadá železo a vzniká síran železnatý, relativně agresivní a nebezpečný odpad, který dále reaguje s kyslíkem a vodou. Následujícími reakcemi vzniknou korozní produkty železa a uvolní se zpět kyselina sírová. Proto název regenerační cyklus s kyselinou sírovou:



Rovnice ukazují, že spotřebovaná kyselina sírová se teoreticky opět regenerovala (působí jako katalyzátor koroze). V případě, že se přeruší dodávka SO_2 , může koroze pokračovat elektrochemickou reakcí.

Korozní proces 3 - Elektrochemický cyklus

Jako poslední je třeba vysvětlit elektrochemický cyklus.

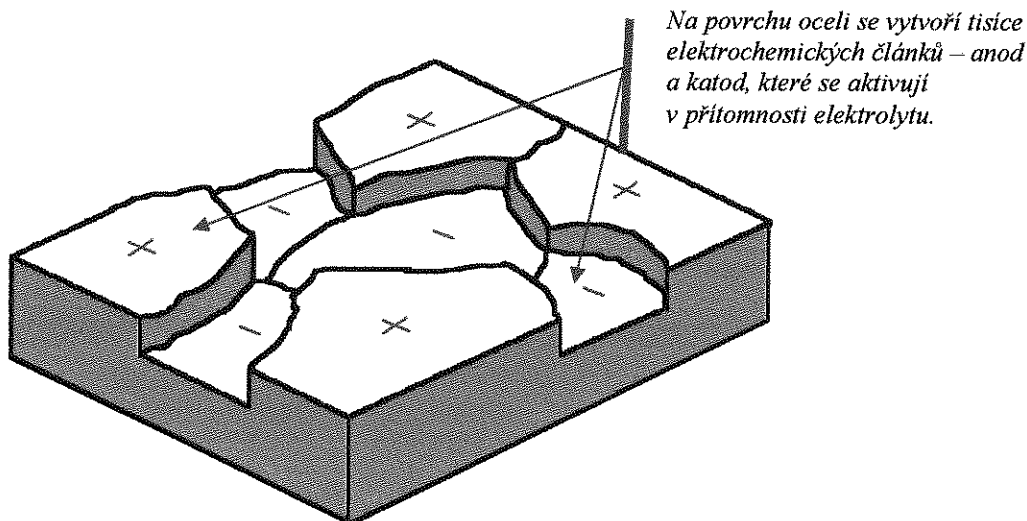
Pro objasnění tohoto jevu se používá dvouvrstevný model oxidů, který si můžeme představit na povrchu oceli. Model vytvořil Kunze v roce 1974.

Model obsahuje dolní, vnitřní vrstvu a horní, vnější vrstvu.

Model je zřejmý na *Obrázku 3*, vrstvy jsou rozděleny červenou oxidačně-redukční hranicí.

Existence a funkce modelu je založena na následujících předpokladech:

1. Působením vlivu vlhkosti a SO_2 se na povrchu oceli vytvoří rez.
2. Na povrchu oceli se vytvoří elektrické články - anoda a katoda, *Obrázek 2*.
3. Na povrchu oceli v místě anody a katody vznikají reakce, uvedené pod čísly (10) až (14)



Obrázek 2 - Model povrchu oceli

Na anodě:

Uvolňují se elektrony za vzniku iontů železa.



V přítomnosti SO_4^{2-} ve vrstvě rzi se vytváří:

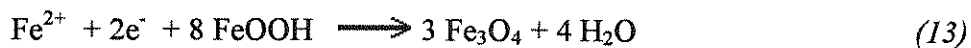


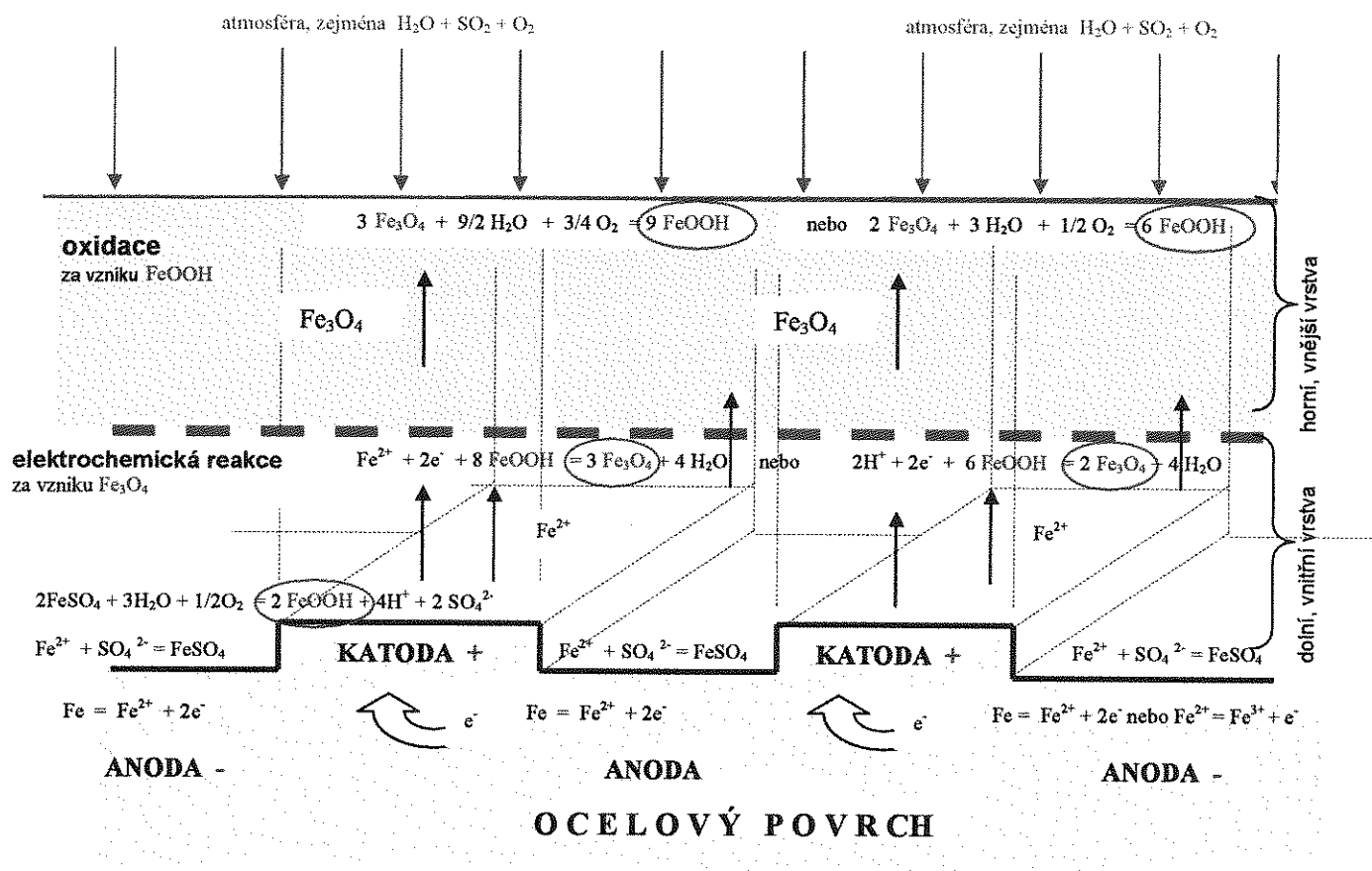
Dále dochází k reakci na anodě:



Na katodě:

Volné elektrony putují na katodu a dále k červené linii. V zóně katody na červené linii reagují na:





Obrázek 3 – Dvouvrstevný korozní model povrchu uhlíkové oceli [1]

Na katodě nad červenou linií, kam proudí čerstvý kyslík a voda z atmosféry, probíhá reakce:



Červená linie odděluje horní a dolní vrstvu, kdy v horní vrstvě se chemickou oxidací mění magnetit na FeOOH a v dolní vrstvě, pod červenou linií elektrochemickou reakcí (redukci) vzniká z FeOOH magnetit.

Sloučeniny Fe_3O_4 , FeOOH mají zásadní vliv na ochrannou funkci povrchu oceli a jejich tvorba závisí na době ovlhčení a přísunu kyslíku. Proto není možné tyto reakce chápat jako stacionární a všeobecně platné.

Mechanismus koroze patinující oceli

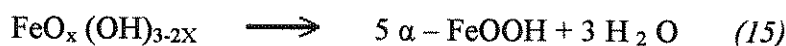
Jestliže do chemického složení oceli dodáme některé prvky, jako měď, nikl, molybden, chrom, fosfor, křemík, získáme ocel s jiným mechanismem koroze, než má uhlíková ocel bez těchto prvků.

Předpokládáme elektrochemický model koroze. Na rozdíl od uhlíkové oceli, kde se uvolňují ionty H^+ , Fe^{2+} , se u legované oceli uvolňují ionty Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} a to v dolní vrstvě modelu, velmi blízko povrchu oceli. Teorie byla publikována v Japonsku - Misaka již v letech 1971, 1973, 1974 [1], [2].

Uvolňování iontů je umožněno proto, že během doby ovlhčení povrchu patinující oceli se červená zóna posunuje blíže k povrchu oceli, což způsobuje ztrátu H^+ , pH prostředí obklopující povrch oceli se zvyšuje, čímž se ionty Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} uvolňují.

Teorie podle [1] popisuje následující mechanismus chování patinující oceli:

V prvním stádiu smáčení povrchu deštěm, který obsahuje SO_2 se vytváří na povrchu oceli kyselé prostředí o $pH = 4$. Vodní film s tímto nízkým pH pokryje povrch oceli a řídí vytvoření struktury $\gamma - FeOOH$ (lepidokrokit, oranžové až hnědé zabarvení povrchu oceli s destičkovými krystaly), má ochrannou funkci oceli. Dalším deštěm se tato struktura hydratuje a vytváří se amorfní oxidohydroxid železitý $FeO_x(OH)_{3-2x}$. Protože vrstva rzi je kompaktní, tvrdá a s malým množstvím trhlin, drží dobře vlhkost, vysychá pomaleji než povrch uhlíkové oceli (kde je vrstva rzi prachovitá), během vysychání povrchu oceli se struktura transformuje na:



V následujícím období tedy vznikají z $FeO_x(OH)_{3-2x}$ struktury $\alpha - FeOOH$ (goetit, nejstabilnější oxihydroxid železitý, hnědá nebo žlutá barva, tvar destiček s hladkým povrchem nebo může být jehličkovitý nebo vláknitý), vytváří ochrannou funkci oceli.

Kromě těchto struktur vznikají na povrchu oceli další fáze $FeOOH$ a další sloučeniny železa:

$\beta - FeOOH$ – akagenit

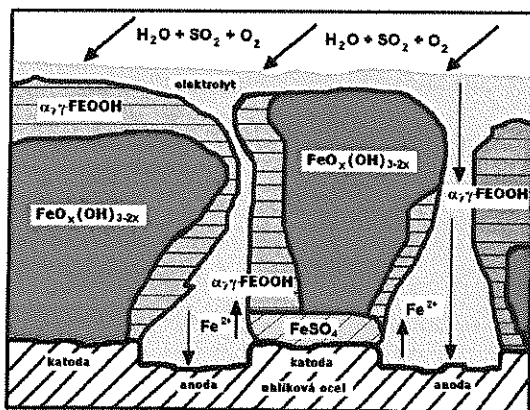
$\delta - FeOOH$ – amorfni složka

Fe_3O_4 – magnetit

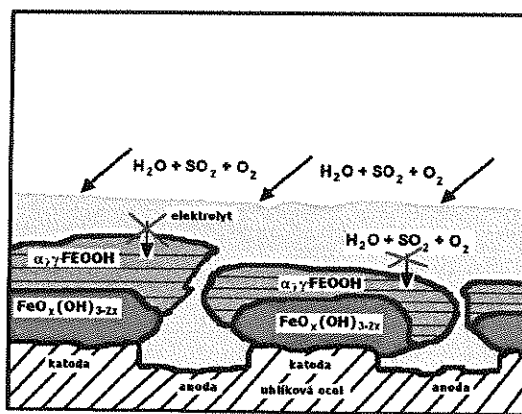
$\alpha - Fe_2O_3$ – hematit

$\gamma - Fe_2O_3$ – maghemit.

Rozdíl mezi vzniklými strukturami na povrchu oceli uhlíkové a patinující je vysvětlen na Obrázku 4.



Uhlíková ocel - vrstva na oceli je nestejnorodá, pórovitá, s mnoha trhlinami, kterými pronikají voda, kyslík a další nečistoty k povrchu oceli

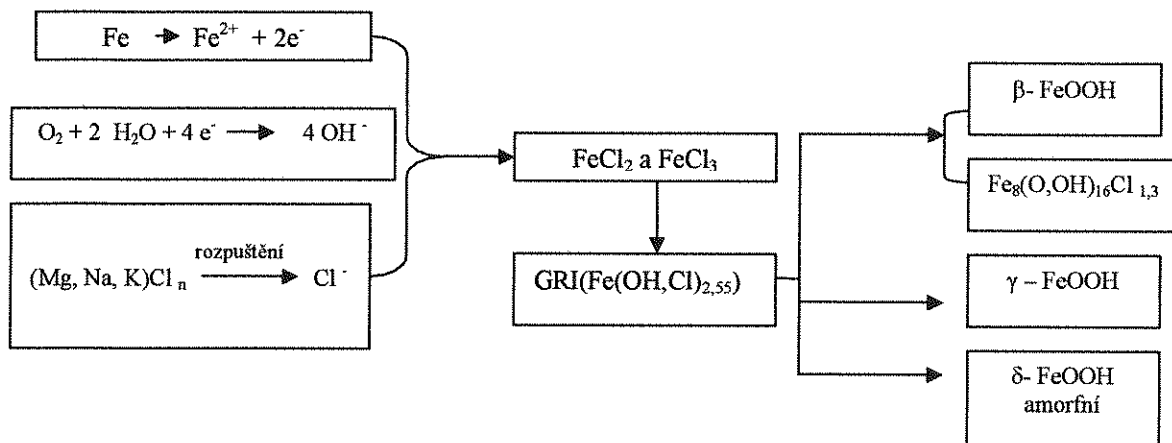


Patinující nízkolegovaná ocel - kompaktní, tvrdá, listkovitá struktura na povrchu oceli s malým množstvím trhlin zabraňuje pronikání vody, kyslíku a nečistot

Obrázek 4 – Rozdíl ochranné struktury na povrchu uhlíkové a patinující oceli [1]

Poslední publikované výzkumy z roku 2007

Obecný model chování patinující oceli v přímořském prostředí je popsán podle posledních publikovaných výzkumů v roce 2007 podle *Obrázku 5* následovně:



Obrázek 5 – Chování patinující oceli v přítomnosti chloridových iontů

GRI(Fe(OH,Cl)_{2,55}) je zelená rez I (green rust I), která vzniká za neutrálního nebo lehce zásaditého prostředí (výzkum publikovaný v ScienceDirect v roce 2007, 22. června, výzkum číslo 50499331 Čína). Z GRI se vytváří oxidací největší množství β-FeOOH a Fe₈(O,OH)₁₆Cl_{1,3}, malé množství se vzdušnou oxidací mění na struktury γ-FeOOH a dále se vytváří amorfni δ-FeOOH. Akagenit β-FeOOH navíc absorbuje do porézní struktury chloridové ionty.

Akagenit β-FeOOH a Fe₈(O,OH)₁₆Cl_{1,3} slouží jako zásobárna chloridových iontů, které se aktivují za vzniku vlhkosti. Výsledná struktura rzi je vrstevnatá, tvrdá s množstvím trhlin, charakter povrchu oceli je nerovný, s velkým množstvím výškových nerovností (důlků). Z výše uvedeného popisu vývoje ochranné vrstvy na povrchu patinující oceli je zřejmé, že charakter koroze je nerovnoměrný, závisí na poměru velikostí anody a katody, na vlivu prostředí, množství a přítomnost solí, stejně jako na struktuře a chemickém složení oceli, jaké důlky se vytvoří.

Tento výzkum je pro země, kde se během zimní údržby používají NaCl nebo CaCl₂ jako součást chemických rozmrazovacích látek (CH.R.L), velmi důležitý. Je totiž prokázáno, že podle [1] a [2] je vliv zimní údržby na chování oceli významnější, než vliv přímořského prostředí. Přítomnost chloridových iontů zabraňuje tvorbě ochranné vrstvy na oceli a způsobuje vznik vrstevnatých korozních struktur s významným důsledkem na oslabení tloušťky oceli.

Z výše uvedené teorie je zřejmé, že se názor na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli od 80-tých let minulého století výrazně změnil, zejména v tom, že se měnily používané oceli. Patinující oceli, používané v současné době, obsahují totiž výrazně vyšší množství niklu, než dříve, tudíž ochranné sloučeniny na povrchu oceli jsou jiného charakteru.

D.1.2 Diagnostika konstrukcí v experimentální části

Poté, co autor disertační práce získal potřebné teoretické znalosti o vzniku koroze na oceli, byla provedena diagnostika ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli.

Jednotlivé ocelové konstrukce byly prohlédnuty, byly zaznamenány podle metodiky uvedené v části E.2. Opakující se systémové vady a poruchy konstrukcí byly zaznamenány do schematických formulářů. Byly odebrány vzorky oceli pro stanovení struktury koroze oceli (vizuální etalon koroze), byla provedena fotodokumentace jednotlivých částí konstrukce. Po dvou letech prohlídek ocelových konstrukcí bylo zahájeno zpracování výsledků pro vytvoření metodiky posuzování konstrukcí, v letech 2007-2008.

D.2 Teoretická část

Na základě výsledků experimentální části bylo možné vytvořit metodiku pro soudní znalce, která je koncentrována v teoretické části práce. Vychází ze zákonných požadavků na vypracování posudků, ze zákona č.36/1967 Sb. o znalcích a tlumočnících a vyhlášky ministerstva spravedlnosti č.37/1967 Sb., ve znění platných předpisů. To znamená, že vytvořená metodika a novost posuzování konstrukcí byla zapracována do obecné formy členění znaleckého posudku tak, aby byla pro soudní znalce srozumitelná a snadno pochopitelná. Je samozřejmé, že posuzování konstrukcí z patinující oceli vyžaduje odbornou kvalifikaci znalce. Tato odbornost je uvedena v technických a kvalitativních podmínkách ministerstva dopravy, v TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli [99] a také v *Tabulce 1* této disertační práce.

Přínos disertační práce spočívá ve vlastním vytvoření metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, protože do doby přijetí této metodiky nemůže soudní znalec posudek seriózně a odborně vypracovat z důvodu neexistence standardů pro posuzování těchto konstrukcí.

V této disertační práci je dále originálně řešen a sestaven:

- Etalon koroze oceli, *Tabulka 20* [99];
- Etalon koroze svarů, *Tabulka 21* [99];
- Metodika měření korozního oslabení oceli, kapitola E.2.2 [99];
- Metodika provedení prohlídek ocelových konstrukcí, včetně záznamu, kapitola E.2.2 [99];
- Metodika sestavení Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli, Příloha J [99] [101].

E VÝSLEDKY PRÁCE

E.1 Základní způsob přístupu soudního znalce

Soudní znalec, který posuzuje konstrukci vyrobenou z patinující oceli, musí znát smluvní podmínky, za kterých je použití této oceli investorem (objednatelem stavby) povoleno. Výrobce oceli neposkytuje podle výrobních norem oceli podle platných standardů (ČSN EN 10025-5) záruku na vytvoření ochranné vrstvy oceli. Záruky jsou poskytovány pouze na: chemické složení oceli a její mechanické vlastnosti [92]. Z tohoto důvodu je postup soudního znalce popsán podle *Schématu 1*.

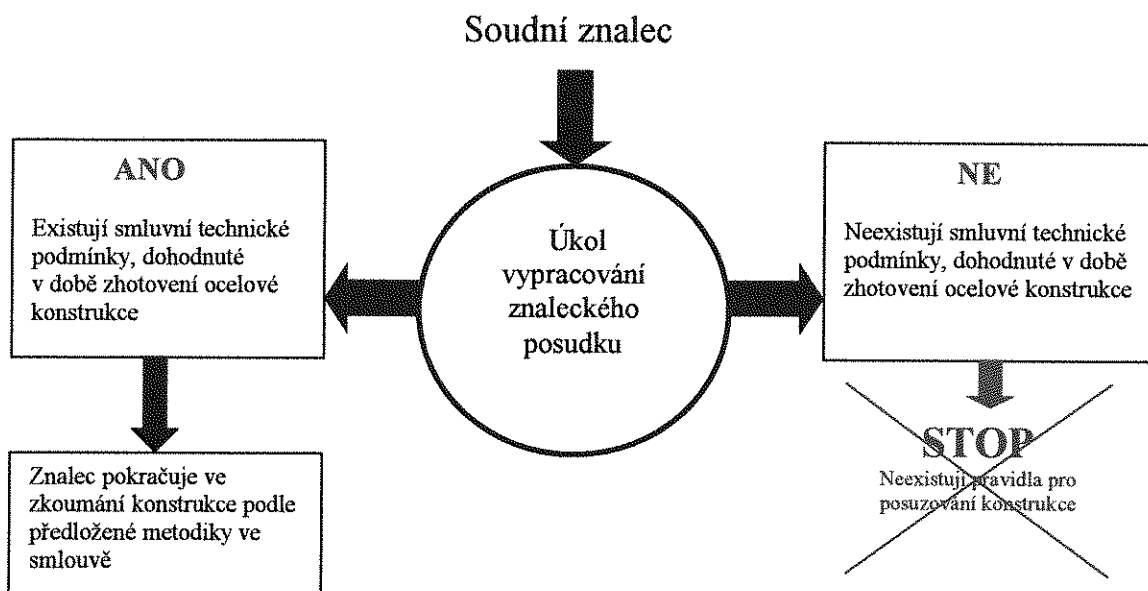


Schéma 1 – Základní způsob přístupu soudního znalce k řešení posudku konstrukce vyrobené z patinující oceli

V případě, že neexistují smluvní technické podmínky pro dodávku, výrobu, záruční podmínky pro ocelovou konstrukci vyrobenou z patinující oceli, soudní znalec nemůže využít žádných platných pravidel pro vypracování posudku, ani českých ani evropských standardů, protože žádné neexistují. Přínosem této disertační práce je současně stanovení pravidel, jak tyto konstrukce posuzovat s ohledem na tvorbu ochranné vrstvy oceli, současně s vytvořením technických podmínek pro ministerstvo dopravy TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, z roku 2008 [99].

V opačném případě, jestliže smluvní technické podmínky existují, pokračuje znalec v jejich rozboru podle stanovených pravidel, uvedených v této metodice, musí však být uvedeny ve smluvních podmínkách. Pokud jsou uvedeny ve smluvních podmínkách dodávky stavby, jsou zde jednoznačně stanoveny veškeré parametry výrobku/konstrukce, včetně záručních podmínek. Potom je třeba, aby soudní znalec správně postupoval v posuzování konstrukce v záruční době a po jejím skončení. Odborná kvalifikace soudního znalce by měla odpovídat předepsané odborné kvalifikaci pracovníků objednatele, která je požadována těmito technickými podmínkami. Požadavky na kvalifikaci inspektorů, kteří posuzují ocelovou konstrukci vyrobenou z patinující oceli, v rámci její životnosti, jsou uvedeny v *Tabulce 1*.

Činnost inspektorů probíhá v rámci běžných, hlavních a mimořádných prohlídek mostů podle ČSN 73 6221.

Tabulka 1 – Požadavky na způsobilost pracovníků kontroly pro mostní objekty vyrobené z patinující oceli (mosty, lávky, propustky) podle [99]

1	2	3	4	5
Obor kvalifikace	Odborná způsobilost	Požadavek na zpracovatele specifikace NPO	Způsobilost pracovníků objednatele pro kontrolu (dílenská přejímka, montážní prohlídka) ²⁾	Způsobilost pracovníků objednatele pro kontrolu (hlavní prohlídka, mimořádná prohlídka), nebo vypracování znaleckých nebo expertních posudků ²⁾
Specialista na PKO	Inspektor FROSIO, level 3 (podle NS 476) , nebo	✓	-	✓
	Inspektor NACE, level 3, nebo			
	Nátěrový inspektor , level B (podle ENV P 12837), nebo			
	Korozní inženýr, úroveň 3 (podle Std-401 APC)			
Praxe	Praxe min. 5 let ¹⁾	✓	✓	✓
Další požadavky	Vysokoškolské vzdělání (titul Ing.)	✓	✓	✓
	Kvalifikace evropský svářečský inženýr EWE, mezinárodní svářečský inženýr IWE	-	✓	✓
	Oprávnění MD ČR k provádění běžných, hlavních a mimořádných prohlídek mostů podle TKP 19 B	-	-	✓
Poznámka: 1) Požadavek praxe na zpracovatele specifikace NPO platí pro navrhování/kontrolu nebo inspekce/provádění nebo aplikace prací PKO, pro ostatní pracovníky platí v uvedeném rozsahu činnosti 2) Pro pracovníky, provádějící práce jako zástupce objednatele, platí dále požadavky podle článku 19.A.8.4, 19.A.8.5 TKP 19. Pracovníci nesmí být v žádném smluvním vztahu s výrobcem, montážní organizací, zhotovitelem stavby nebo projektantem RDS. Musí být prokazatelná jejich nezávislost, nestrannost a věrohodnost.				

E.2 Aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány ve znaleckém posudku

E.2.1 Obecná teorie vypracování posudku

Metodika posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli vychází z obecně platných požadavků na vypracování znaleckého posudku podle zákona č.36/1967 Sb., o znalcích a tlumočnících a podle vyhlášky Ministerstva spravedlnosti č.37/1967 Sb., v platném znění. Jednotlivé aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány jsou uvedeny ve *Schématu 2*.

Soudní znalec nejprve na základě studia dokladů a z výsledků místního šetření vypracuje část nazývanou 1.Nález. V nálezu, který soudní znalec postupně vyplňuje podle jednotlivých předepsaných bodů, se začínají shromažďovat údaje o příčinách posuzovaných jevů. Pokud využije návrh diagramu nálezu, podle *Schématu 3*, bude mít jednodušší práci při vypracování části 2. Posudku. Z vyplněného diagramu nálezu je zřejmé, kde jsou zjištěné nesrovnalosti. Pokud se nesrovnalosti přímo uvedou ve sloupci 2, například nepřipustné oslabení tloušťky profilu, je zřejmé, jakým směrem se bude ubírat výsledný posudek a soudní znalec neopomene žádný aspekt posuzovaného vlivu na ocelovou konstrukci.

V disertační práci je kromě systému běžného posuzování jednotlivých dokladů originálně řešena část 1.13 Místní šetření. Zde je zapracována speciální metodika doktoranda, nově vytvořená pro posuzování ocelových konstrukcí a to z hlediska:

- Vizualního posouzení stavu povrchu ocelové konstrukce a výsledek tvorby ochranné vrstvy oceli v ploše ocelové konstrukce
- Měření korozních úbytků ocelových profilů

Vizuální posouzení stavu ochranné vrstvy oceli se provádí podle etalonu korozního poškození, který byl vytvořen autorem disertační práce, na základě prohlídek ocelových konstrukcí v letech 2006-2007 [99]. Výsledek tvorby ochranné vrstvy v celé ploše ocelové konstrukce, vady a poruchy ocelové konstrukce se dále posuzují v Obrazovém katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli [101]. Ukázka systému katalogových listů je uvedena v Příloze J této disertační práce.

Systém měření korozních úbytků ocelových profilů a možnost porovnání s počátečním (výrobním) stavem konstrukce, umožňuje stanovit hloubku korozního oslabení s přesností do 10 μm , a to kdykoliv, během 100 let životnosti ocelové konstrukce [99].

ZNALECKÝ POSUDEK

1. NÁLEZ

2. POSUDEK

1.1 Spisový materiál

1.2 Projektová dokumentace ocelové konstrukce

1.2.1 Zadávací dokumentace

1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů ocelové konstrukce

1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace

1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí

1.2.2 Prováděcí dokumentace

1.2.2.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů ocelové konstrukce

1.2.2.2 Základní materiál, specifikace

1.2.2.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí

1.2.2.4 Technologické předpisy výroby, montáže, protikorozní ochrany

1.2.2.5 Metodika měření korozního oslabení konstrukce, metodika posuzování chování konstrukce

1.3 Smluvní podmínky

1.4 Stavební, montážní deníky, natěračské deníky

1.5 Dodací listy, faktury

1.6 Zápisy z dílenských přejímk, montážních prohlídek ocelové konstrukce, včetně požadovaných dokladů

1.7 Zápis z hlavní prohlídky v době uvedení do provozu

1.8 Zápis z předání a převzetí stavby

1.9 Protokoly geodetického zaměření konstrukce

1.10 Výsledky měření tloušťky ocelových profilů

1.11 Zápis z hlavních prohlídek, běžných a mimořádných prohlídek, včetně příloh

1.12 Zápis z prováděné údržby konstrukce

1.13 Místní šetření

1.13.1 Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací

1.13.1.1 Vliv tvaru ocelové konstrukce, detailů, spojů na stav konstrukce

1.13.1.2 Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce

1.13.1.3 Vliv provedené povlakové protikorozní ochrany na stav konstrukce

1.13.1.4 Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima

1.13.2 Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem

1.13.3 Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození

1.13.4 Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky

1.13.5 Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle Obrazového katalogu vad a poruch

2.1 Znalecký úkol, přesná citace

2.2 Systém zpracování výsledků nálezu do diagramu nálezu

2.3 Analýza jednotlivých příčin nálezu

2.4 Vyhodnocení analýzy příčin

2.5 Závěr posudku

Originální metodika posuzování konstrukcí, řešená v této disertační práci, zapracovaná do technických podmínek ministerstva dopravy

Schéma 2 – Jednotlivé aspekty, které jsou posuzovány soudním znalcem

I. NÁLEZ		
1 NÁZEV POLOŽKY	2 Položka obsahuje nejasnosti nebo neexistuje	3 Položka neobsahuje problém
1.1 Spisový materiál	X	-
1.2 Projektová dokumentace ocelové konstrukce	-	X
1.2.1 Zadávací dokumentace	-	X
1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů ocelové konstrukce	-	X
1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace	-	X
1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí	-	X
1.2.2 Prováděcí dokumentace	X	-
1.2.1.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů ocelové konstrukce	-	X
1.2.1.2 Základní materiál, specifikace	X	-
1.2.1.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí		
1.2.1.4 Technologické předpisy výroby, montáže, protikorozní ochrany		
1.2.1.5 Metodika měření korozního oslabení konstrukce, metodika posuzování chování konstrukce		
1.3 Smluvní podmínky		
1.4 Stavební, montážní deníky, natěračské deníky		
1.5 Dodací listy, faktury	položky se postupně vyplňují a vytváří se jednotlivé příčiny poruch, které musí být soudním znalcem posouzeny v souvislostech - viz část E.2.2	položky se postupně vyplňují
1.6 Zápisy z dělenských přejímek, montážních prohlídek ocelové konstrukce, včetně dokladů		
1.7 Zápis z hlavní prohlídky v době uvedení do provozu		
1.8 Zápis z předání a převzetí stavby		
1.9 Protokoly geodetického zaměření konstrukce		
1.10 Výsledky měření tloušťky ocelových profilů		
1.11 Zápis z hlavních prohlídek, běžných a mimořádných prohlídek, včetně příloh		
1.12 Zápis z prováděné údržby konstrukce		
1.13 Místní šetření		
1.13.1 Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací		
1.13.1.1 Vliv tvaru ocelové konstrukce, detailů, spojů na stav konstrukce		
1.13.1.2 Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce		
1.13.1.3 Vliv provedené povlakové protikorozní ochrany na stav konstrukce		
1.13.1.4 Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima		
1.13.2 Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem		
1.13.3 Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození		
1.13.4 Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky		
1.13.5 Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle Obrazového katalogu vad a poruch		

Schéma 3 – Diagram nálezu a příklad jeho postupného vyplnění

Kromě vizuálního posouzení povrchu ocelové konstrukce (základního materiálu) je třeba vyhodnotit jakost svarových a šroubových spojů. Svarové spoje se posuzují podle etalonu korozního poškození svarů [99] a šroubové spoje se hodnotí podle parametrů, které jsou stanoveny ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce.

Etalon korozního poškození svarů byl také sestaven autorem disertační práce na základě realizovaných prohlídek ocelových konstrukcí a mostů v letech 2006 až 2007. Etalon korozního poškození oceli je uveden v článku 1.2.2.5, *Tabulka 20*, společně s etalonem korozního poškození svarů, *Tabulka 21*.

Na závěr místního šetření se provádí celkové posouzení konstrukce podle Obrazového katalogu vad a poruch [101], který je vytvořen autorem disertační práce. Jednotlivé zjištěné poruchy se zařadí pod číselné kódy, které jsou zde uvedeny. Číselné kódy jsou platné pro konstrukce pozemních komunikací, používané pro ministerstvo dopravy České republiky. Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli je uveden formou ukázek v **Příloze J** této práce.

E.2.2 Konkrétní kroky znalce při vypracování posudku (konkrétní členění podle znaleckého posudku)

1. Nález

1.1 Spisový materiál

Ve spisovém materiálu je třeba prostudovat veškeré písemné podklady případu. Ve spisu musí být k dispozici materiály, které jsou požadovány touto metodikou. Pokud některé doklady chybí, je třeba si je vyžádat k doplnění. Spisový materiál je průběžně číslován. Pro vytvoření přehledu spisu je třeba vytvořit tabulkový přehled se zjištěnými chybějícími podklady. V případech záručních reklamací nebo v případech šetření havárií jsou důležitá data výroby, zabudování konstrukce, zahájení provozu, informace o předání a převzetí stavby a informace o prováděné údržbě a hlavních prohlídkách konstrukcí.

1.2 Projektová dokumentace ocelové konstrukce

Projektová dokumentace stavby se dělí na zadávací dokumentaci stavby (ZDS) a realizační dokumentaci stavby (RDS). Podle technických podmínek ministerstva dopravy je přesně stanoveno, co musí obsahovat jednotlivé stupně projektové dokumentace a jak musí být projektová dokumentace zpracována. Postup je určen technickými podmínkami, TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli [99].

Tato část posudku je velmi důležitá, protože umožňuje znalci stanovit rizika, která mohou nastat z chybného návrhu tvaru ocelové konstrukce nebo z nevhodně zvolené jakosti oceli s ohledem na stanovené korozní prostředí.

1.2.1 Zadávací dokumentace

1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů ocelové konstrukce

Zadávací dokumentace stavby slouží jako podklad objednateli, pro vyhlášení soutěže na vypracování finančních nabídek zhotovitelů stavby, na dodávku stavby. Musí tedy obsahovat všechny potřebné náležitosti pro stanovení ceny prací.

Požadavky na tvar ocelové konstrukce

Nechráněná ocelová konstrukce (bez provedeného povlaku protikorozní ochrany) musí svým tvarem zajistit plynulý odtok vody z povrchu a musí zabránit vzniku ploch, kde se koncentrují nečistoty, spad a soli [67], [68]. Nerovnosti, převýšené svary, kouty jsou z hlediska vytváření ochranné vrstvy patinující oceli nevhodné. Tvar ocelové konstrukce musí zajišťovat rovnoměrnou tvorbu ochranné vrstvy oceli. Příklady vhodných nevhodných tvarů ocelových konstrukcí a řešení jejich detailů jsou uvedeny na Obrázku 6 až 8. Při návrhu ocelové konstrukce musí být vyloučeny vodorovné plochy, kde se zadržuje voda a nečistoty, profily shora otevřené, kouty, kapsy, prohlubně, přednost se dává vždy kruhovému profilům před pravoúhlými.

Voda nesmí po ocelové konstrukci stékat, jestliže k tomu dochází z důvodu vysoké kondenzace, musí být svedena a sbírána do odvodňovačů nebo musí být tok vody po konstrukci přerušen a voda musí být odvedena. V těchto místech musí být dodatečně provedena protikorozi ochrana, dále PKO. Po ocelové konstrukci z patinující oceli nesmí stékat voda s rozpuštěnými agresivními látkami s CH.R.L. Tyto látky způsobují urychlenou korozi povrchu oceli, která nevytváří ochrannou vrstvu patinující oceli. V případě nechráněné konstrukce z patinující oceli je povrch oceli v přímém styku s působícím prostředím. V případě aplikace povlaku PKO na patinující ocel se ochranný systém oceli začíná aktivovat až v místě případné degradace povlaku PKO nebo v místě jeho dočasného poškození. Z tohoto důvodu je aplikace PKO na patinující ocel v zahraničí doporučována, protože je možné prodloužit životnost ocelové konstrukce, včetně povlaku PKO. Tato doporučení nebyla v České republice ověřena. Je ovšem zřejmé, že v případě nechráněné ocelové konstrukce dochází k přímému napadení oceli korozí se všemi trvalými důsledky možného oslabení tloušťky profilů. Korozi proces je nevratný a oprava ocelové mostní konstrukce za provozu je obtížná a značně nákladná.

Detaily řešení pro napojení mostního objektu nechráněné konstrukce z patinující oceli na mostní závěr, mostní ložiska, odvodňovače izolace mostovky a odvodňovače vozovky musí odpovídat řešení podle uvedených obrázků. U těchto konstrukcí musí být zvolen kvalitní systém izolace mostovky, detaily provedení musí být podrobně vyřešeny a životnost izolace musí být minimálně 20 let, včetně míst u mostních závěrů. Detaily řešení mostních říms musí u nechráněné konstrukce z patinující oceli zajistit, aby nedocházelo k zatékání místy napojení říms, v místech kotvení nebo přes izolaci pod římsou. Jestliže voda vniká těmito místy do železobetonové desky, putuje po celé délce konstrukce do míst, kde může vytékat.

Dodatečně realizované otvory do prostupů konstrukcí, mostních říms apod. (například dodatečné vedení el. kabelů), způsobují zatékání zejména do komorových mostních konstrukcí a následnou korozi nechráněné konstrukce z patinující oceli.

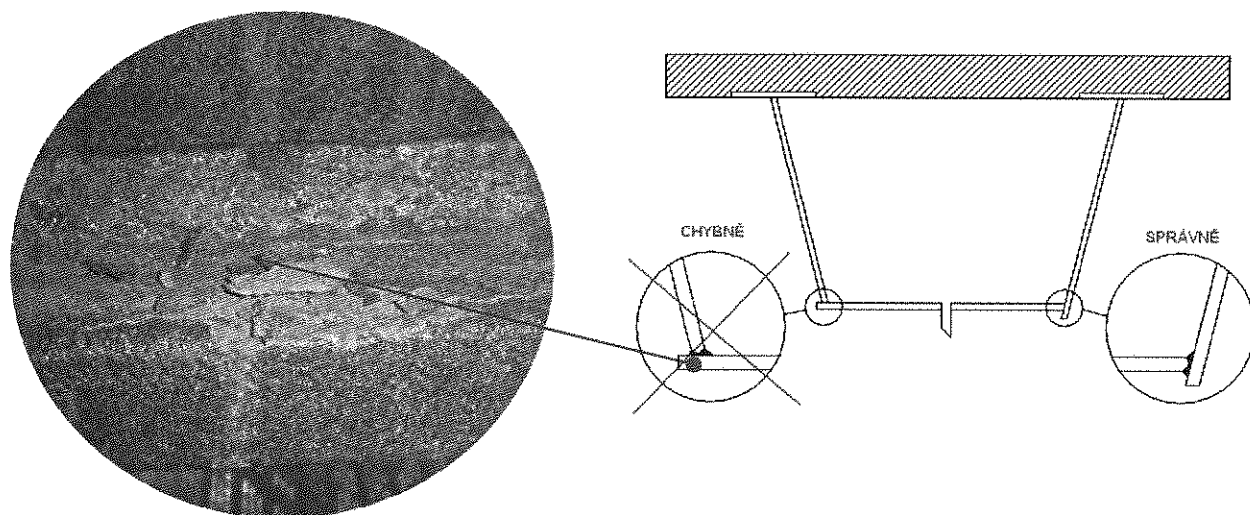
Na Obrázku 6 je uveden požadovaný správný tvar ocelové mostní konstrukce. Podmínkou však je, že uvnitř komorové konstrukce je provedena dílensky PKO a detail připojení dolní pásnice je realizován podle správného detailu na obrázku.

Komorová konstrukce musí mít provedeno také odvodnění dolní pásnice.

Instalace odvodnění je mnohdy obtížná, protože se ve vnitřních prostorách komor vyskytuje velké množství výztuh. Výztuhy způsobují, že dolní pásnice je členěna na části konstrukce, které jsou odděleny výztuhami. Místo odvodnění potom neumožňuje odtok vody z komorového profilu. Ukázka výztuh komory mostu s kondenzáty je na Obrázku 7.

Komorová konstrukce na Obrázku 8 má konstrukčně nevhodný tvar. Stěny komorových nosníků by měly být šikmé. Napojení dolní pásnice a stěny musí být provedeno vždy s přesahem stěny přes dolní pásnici. Svar stěny a dolní pásnice by neměl být navržen a proveden jako koutový. Na základě prohlídek ocelových konstrukcí mostů byla tato místa označena jako korozně riziková [101]. Komorové konstrukce musí mít odvodnění dutin v oblasti ložisek (nejnižší místo v podélném směru mostu), aby nedocházelo ke shromažďování kondenzované vody uvnitř komor mostů, Obrázek 7. V místě podélných a příčných svarů mostovky musí být zajištěno, že svar je vodotěsný. Na Obrázku 8 je viditelné zatékání přes mostovku a podložení svaru do dutiny komorového mostu. Řádná oprava je možná pouze při zajištění přístupu shora.

Z horní strany mostu je železobetonová mostovka, ocelová horní pásnice komorového mostu s podélnými a příčnými svary netěsní v několika místech po délce konstrukce. Jak je z výluhů zřejmé, není funkční ani izolace mostovky pod vozovkou.



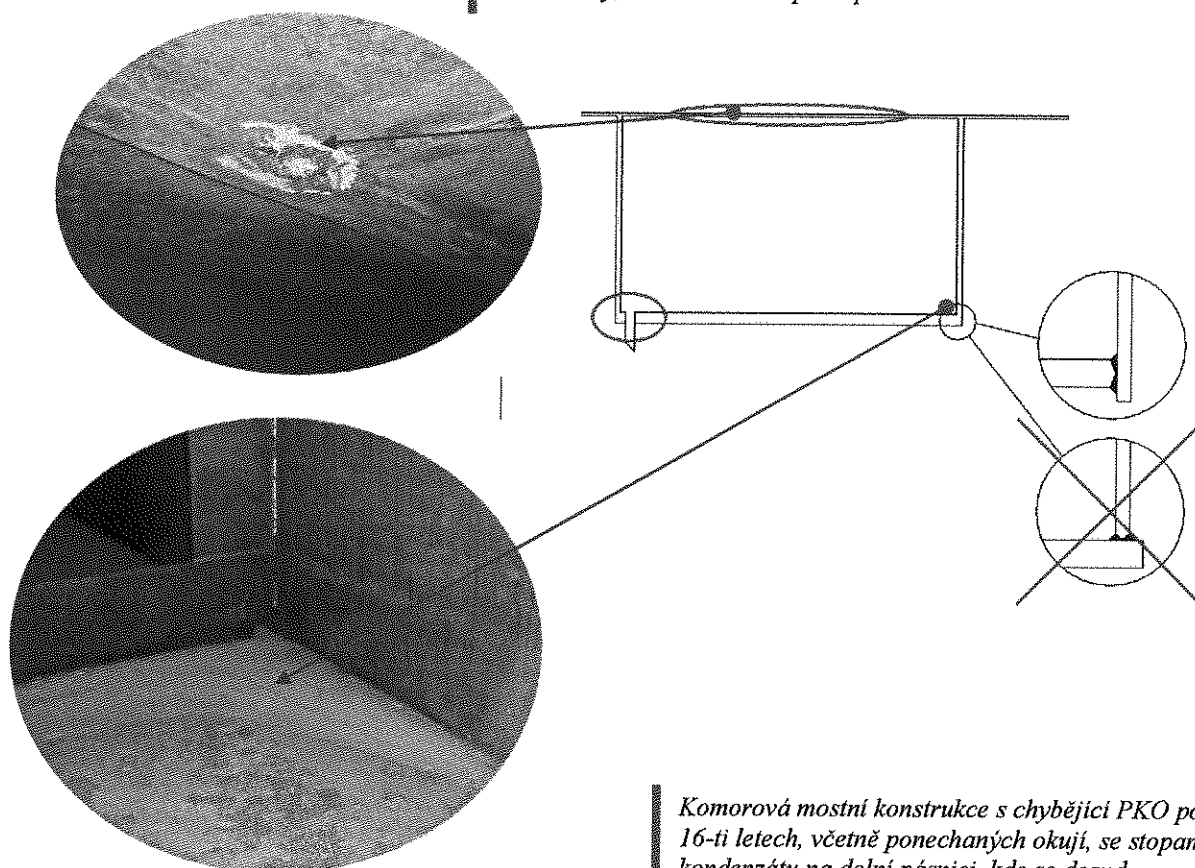
Chybně řešený detail připojení stěny a dolní pásnice na OK mostu z roku 2006, v místě přesahu dolní pásnice se zadržují nečistoty, ptačí trus a soli CH.R.L ze zimní údržby. Současně dochází ke vzniku koroze svarů stěny a dolní pásnice. V případě koutového svaru se jedná o významné havarijní nebezpečí během 100 let životnosti ocelové konstrukce

Obrázek 6 – Příklad správného a chybného řešení detailu svaru komorové konstrukce mostu [2]



Obrázek 7 – Příklad dolní pásnice, kde se vytvářejí bezodtoká místa. I v případě návrhu odvodnění se dutiny komor nepodaří odvodit. Zde se potom shromažďují kondenzáty, které brání vzniku ochranné vrstvy oceli.

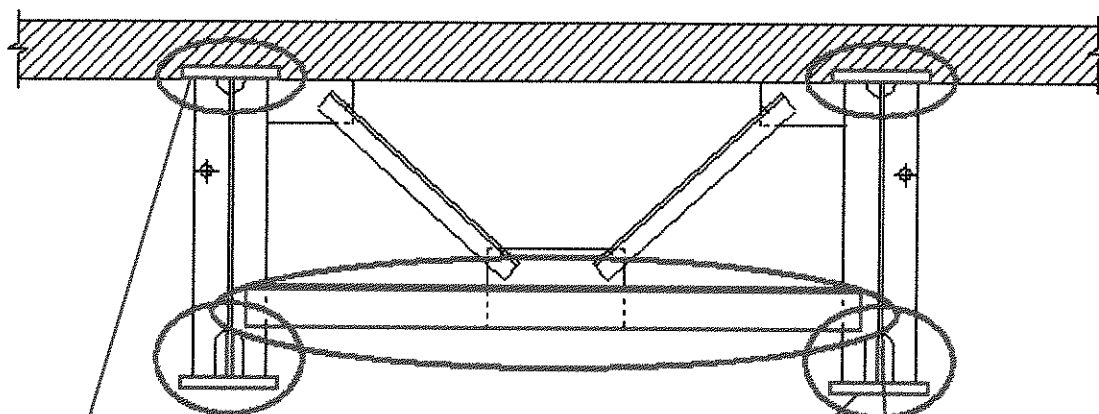
Komorová mostní konstrukce s viditelným zatékáním přes podélný svar mostovkového plechu. Svar byl opravován, ale je zřejmé, že oprava nebyla účinná. Je možná pouze z horní strany mostovky, která však není přístupná



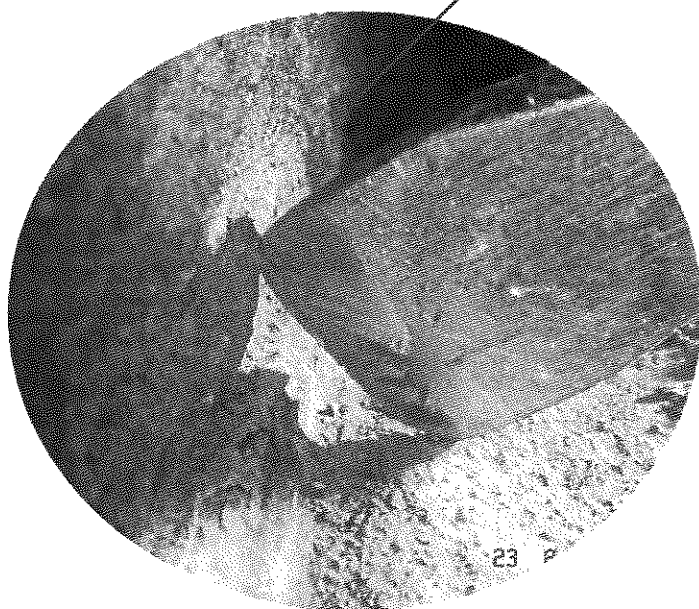
Komorová mostní konstrukce s chybějící PKO po 16-ti letech, včetně ponechaných okujů, se stopami kondenzátu na dolní pásnici, kde se dosud nevytvořila ochranná vrstva oceli

Obrázek 8 – Příklad nevhodného tvaru ocelové konstrukce mostu [2]

Na Obrázku 9 a 10 je uveden nevhodný tvar ocelové mostní konstrukce a důsledky tohoto tvaru po 12 - 30-ti letech provozu. U tohoto typu ocelové mostní konstrukce dochází ke zvýšeným koncentracím spadu, soli, nečistot, vody na dolní pásnici a je zasažena je i přilehlá stěna do výšky cca 300 mm od dolní pásnice. Na těchto místech se ochranná vrstva patinující oceli nevytváří. Je to z toho důvodu, že vliv chloridových iontů ze zimní údržby s CH.R.L. společně s organickými nečistotami a vodou je stále aktivní a v případě, že konstrukce není čištěna, způsobuje významné korozní úbytky a tím oslabení v místech stěn, dolních pásnic a svarů. Oprava těchto konstrukcí je obtížně proveditelná. Koroze nosných koutových svarů je tak rozsáhlá, že v některých místech ocelové mostní konstrukce koutové svary chybí. Obrázek 6 ukazuje velikost korozních úbytků po 30-ti letech na horní pásnici příčniku mostu. Korozní produkty vytvářejí vrstvy společně s nečistotami a spadem z provozu, které je možné z ocelové konstrukce odlupovat v tloušťkách několika milimetrů. Vlastní oslabení profilů činí v plochách položek až 2 – 3 mm po 30-ti letech provozu ocelové mostní konstrukce.

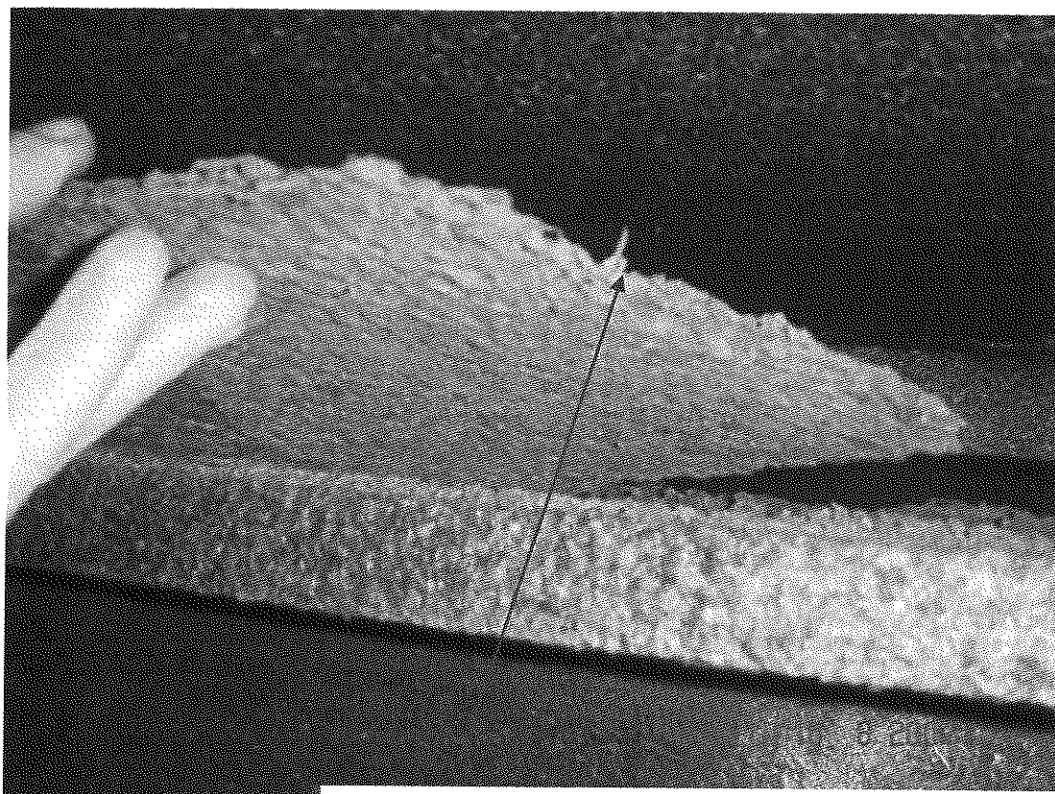


Zatékání přes mostovku na konstrukci mostu z vozovky způsobuje výrazné korozní oslabení profilů včetně svarových spojů. Lokální ztráta spoje může způsobit havárii ocelové konstrukce zejména v případě, jestliže jsou současně přítomny chloridy.



Koutové svary mezi stěnou a dolní pásnicí na několika místech spoje se mohou zcela rozpadnout. Lokální ztráta svarů nosného spoje může způsobit havárii ocelové mostní konstrukce v průběhu její 100 leté životnosti. Vyznačená místa na obrázku jsou pro ocelovou konstrukci riziková

Obrázek 9 – Příklad nevhodného tvaru ocelové mostní konstrukce z I nosníků

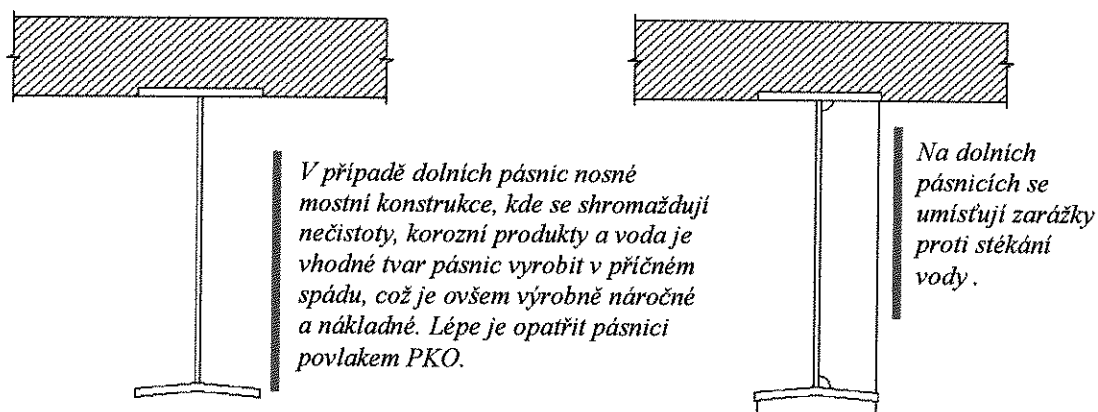


V případě horních nebo dolních pásnic nosné mostní konstrukce, kde se shromažďují nečistoty, korozní produkty a voda, můžeme odlupovat vrstvy rzi tloušťky až několika milimetrů. Oslabení pásnic však není větší než 2 – 3 mm, za 30 let provozu konstrukce. Pohled na horní pásnici příčniku železničního mostu

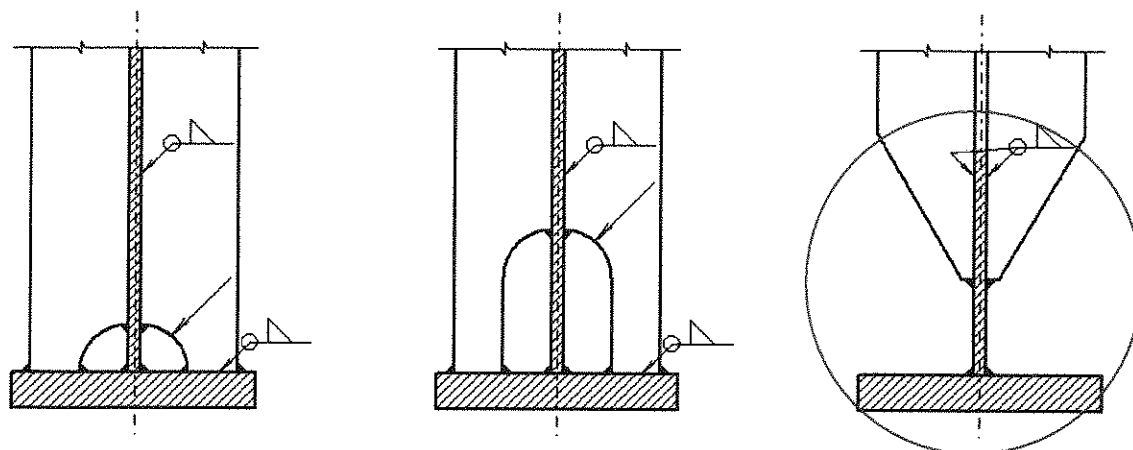
Obrázek 10 – Korozní oslabení horní pásnice příčniku po 30-ti letech dosahovalo v celé ploše 2 – 3 mm

Ocelová mostní konstrukce má mít navrženy a vyrobeny dolní pásnice I nosníku stříškovitého tvaru, podle Obrázku 11. Pokud jsou dolní pásnice opatřeny povlakem PKO, nemusí mít stříškovitý tvar.

Výztuhy stěn hlavních nosníků mostních objektů musí být řešeny podle Obrázku 12.

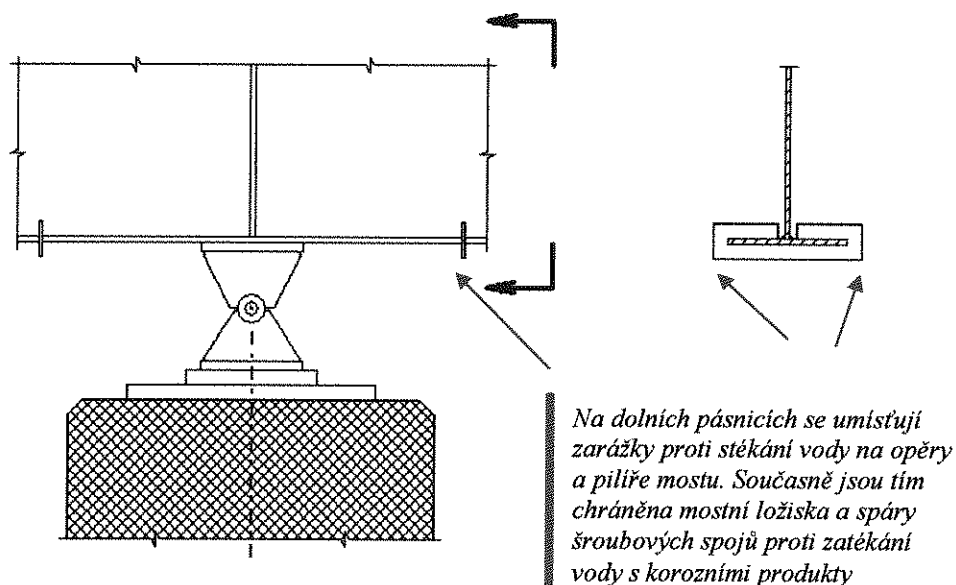


Obrázek 11 – Příklad tvarované dolní pásnice mostu a detail řešení zarážek proti stékání vody [2]



Obrázek 12 – Příklad řešení výztuh stěn hlavních nosníků. Vyznačené řešení je nejlepší variantou, protože zabráňuje zadržování vody a nečistot na dolní pásnici ocelové mostní konstrukce [2]

V místě nad pilířem nebo v místě opěr nad mostními ložisky musí být navrženy a realizovány zarážky proti proudící vodě, podle Obrázku 13. Místo na dolní pásnici z horní i dolní strany je třeba čistit.



Obrázek 13 – Detail řešení ocelové konstrukce u mostních ložisek a pilířů [2]

Požadavky na provedení spár

Na nechráněné ocelové konstrukci z patinující oceli musí být vyloučeny otevřené spáry nebo jejich dodatečné otevření s možností zatékání (např. u spřažených konstrukcí s betonem, u šroubovaných spojů nebo v místech kotvení), trhliny, přeplátované spoje, přerušované stehové svary. Všechna tato místa jsou zdrojem vzniku rzi, která nemá ochrannou funkci, protože se zde zadržují nečistoty, kondenzovaná voda, srážková voda, stopy CH.R.L. apod. Ocelové konstrukce jsou vždy provedeny uzavřenými, celoobvodovými (nikoliv stehovými) svary.

Všechna místa spár na ocelové konstrukci musí být utěsněna těsnícím svarem a nikoliv tmely.

Při řešení kontaktu ocelové konstrukce a betonu je třeba vyřešit detailně tento spoj, hlavně z důvodu možné koroze zabetonovaných ocelových částí. Rozsah korozního poškození není možno v průběhu životnosti ocelové konstrukce ani zjistit, ani měřit, proto je třeba v těchto místech ocelových konstrukcí provádět PKO a to: upřednostňuje se provádění nátěru s inhibitory koroze, za podmínky kompatibility s čerstvým i ztuhlým betonem.

Kotvení ocelových konstrukcí do betonu (obetonováním) se neprovádí. Kotvení se realizuje pouze pomocí kotevních desek. Spáry je třeba vždy utěsnit vhodnými tmely. Vhodnost tmelů se prokazuje průkaznými zkouškami celého systému. Problematika koroze kontaminovaným roztokem s CH.R.L z posypových solí u sprážených ocelobetonových konstrukcí je řešena v dalším textu.

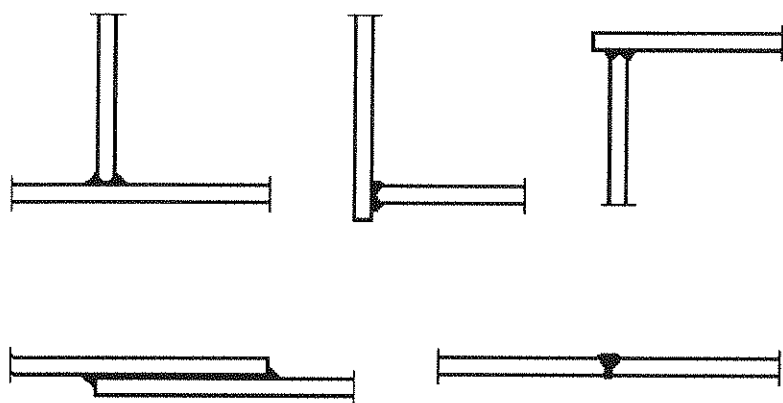
Požadavky na šroubové a svarové spoje

Šroubové a svarové spoje se navrhují, provádějí a kontrolují podle specifikací projektu, v případě staveb pozemních komunikací podle technických a kvalitativních podmínek (dále TKP) kapitoly 19, článek 19.A.3, Ocelové mosty a konstrukce [102].

Životnost spojů nechráněné ocelové konstrukce z patinující oceli a ocelové konstrukce opatřené PKO je určena v Tabulce 15 kapitole 19 A TKP, včetně korozního prostředí. V případě kotvení je třeba při volbě PKO posoudit, jaká konstrukce je kotvena, podle Tabulky 1, kapitoly 19 A TKP [102].

V případě použití spojovacího materiálu z běžné uhlíkové oceli se spoj opatří PKO, včetně částí ocelové konstrukce. V případě použití spojovacího materiálu zároveň zinkovaného ponorem je třeba zabránit vzniku štěrbinové koroze mezi stykovými plochami ocel-spojovací materiál. Z tohoto důvodu je třeba dodatečně, po provedení spoje, doplnit šroubové spoje nátěrovým povlakem a těsněním spar vhodnými tmely podle bodu (4). S ohledem na dosažené zkušenosti je vhodné se u ocelových konstrukcí šroubovým spojům vyhnout a nahradit je svarovými spoji. Je to nutné z toho důvodu, že se v EU nevyrábí spojovací vysokopevnostní materiál z patinující oceli.

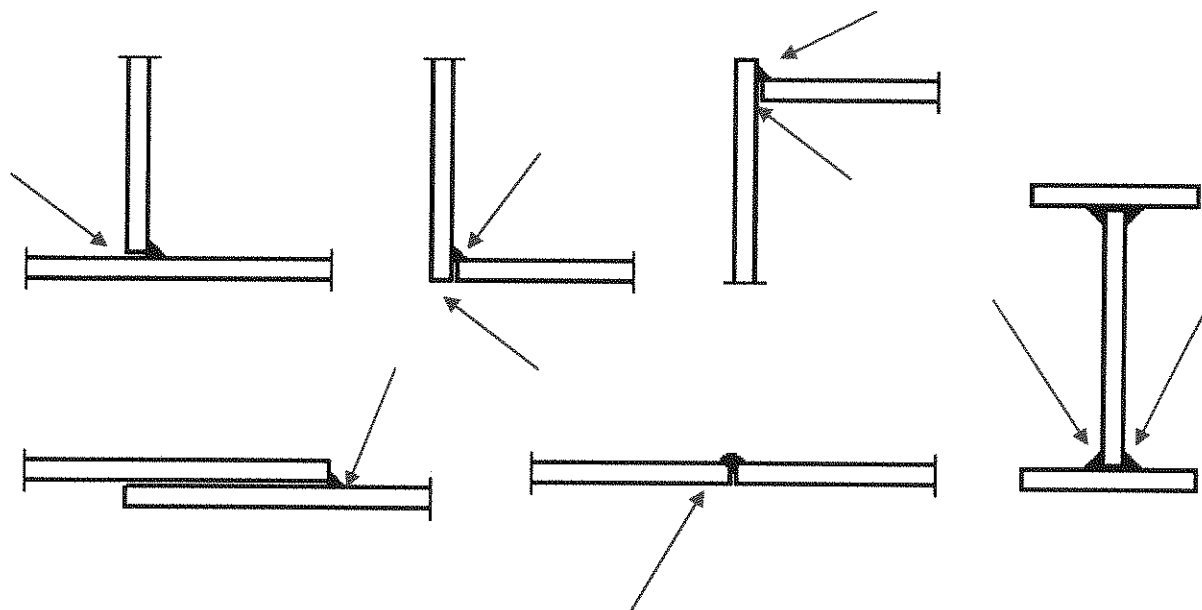
Detaily provedení svarových spojů jsou uvedeny na Obrázku 14 a Obrázku 15. Pro konstrukce vyrobené z patinující oceli se použije pouze správné a doporučené řešení typu spoje.



Svarové spoje jsou navrhovány jako tupé s průvary, pásnice musí mít přesahy tak, aby voda mohla s povrchu stékat, stykové plochy spojované přesahem musí být provedeny na kontakt, v případě koutových spojů musí být navržen a proveden přírůstek na korozní úbytek po dobu životnosti.

Obrázek 14 – Detaily správného návrhu řešení svarových spojů [68].

Zásady správného návrhu řešení jsou tyto: zásadně se navrhuji a provádějí tupé svary s příslušnými přídávky na korozní úbytek během životnosti ocelové konstrukce, které jsou s kořenovým průvarem. Svary musí být vodotěsné, musí zajistit životnost ocelové konstrukce. Svary není možné v průběhu životnosti opravovat z důvodu: oslabení okolních profilů korozí nebo protože oprava není technicky možná.



Nosné svarové spoje nesmí být navrhovány jako koutové svary, v místě spoje nesmí dojít k rozevření stykových ploch a vytvoření štěrbin, pásnice musí být spojovány tak, aby vždy bylo umožněno stékání vody s povrchu spoje.

Obrázek 15 – Detaily nesprávného návrhu řešení svarových spojů [68]

Přídavný materiál pro svařování spojů musí odpovídat chemickému složení a mechanickým vlastnostem základního materiálu. S ohledem na zjištěnou korozi svarů není povoleno provádět kombinace přídavného materiálu (materiál z běžné uhlíkové oceli a materiál z patinující oceli) po výšce svaru.

Svarové spoje u konstrukcí z patinující oceli jsou náchylné při svařování na vznik krystalizačních a likvačních trhlin z důvodu vyššího výskytu mědi. Současně přítomnost fosforu snižuje houževnatost spoje a odolnost proti vzniku trhlin za tepla. V případě použití trubičkových drátů je riziko výskytu krystalizačních trhlin zejména u tupých svarů tím větší, protože trubičkové dráty poskytují vyšší výkon uložení svarového kovu v jedné vrstvě. Proto je třeba dodržovat vhodnou jakost přídavného materiálu a předepsané parametry svařování ve WPQR a WPS. Svary zejména na montáži je třeba po jejich svaření sledovat minimálně po dobu 24 hodin.

Při svařování se postupuje podle TKP kapitoly 19, článek 19.A.3 [102].

Požadavky na provedení dutých prvků a dutých stavebních profilů

Dílce ocelových konstrukcí, které jsou fyzicky neprůlezných rozměrů, je třeba vždy vzduchotěsně a vodotěsně uzavřít. Postup se realizuje tak, že se provede u výrobce před závěrečným uzavřením dutin vytryskání vnitřních ploch (očistění svarů, mastnoty, nečistot atd.), vysátí průmyslovým vysavačem, převzetí vnitřních svarů zástupcem objednatele (součást dílenské přejímky se zápisem), osazení absorpčních činitelů vlhkosti a zavičkování dutiny, s provedením těsnícího, venkovního svaru. Způsob provedení se realizuje v případě konstrukcí pozemních komunikací podle TKP 19 B, článku 19.B.1.6.6 [102].

V komorách průlezných částí ocelových konstrukcí mostních objektů z patimující oceli se zásadně provádí PKO a detaily musí být navrženy tak, aby bylo možno provádět technologickou aplikaci PKO, včetně případných oprav během její životnosti. Velikost vnitřních komor musí umožňovat operační prostor pro aplikaci PKO. Způsob provedení se realizuje v případě konstrukcí pozemních komunikací podle článku 19.B.1.6.6 kapitoly 19 B [102].

Omezení agresivity vodných roztoků kontaminovaných CH.R.L

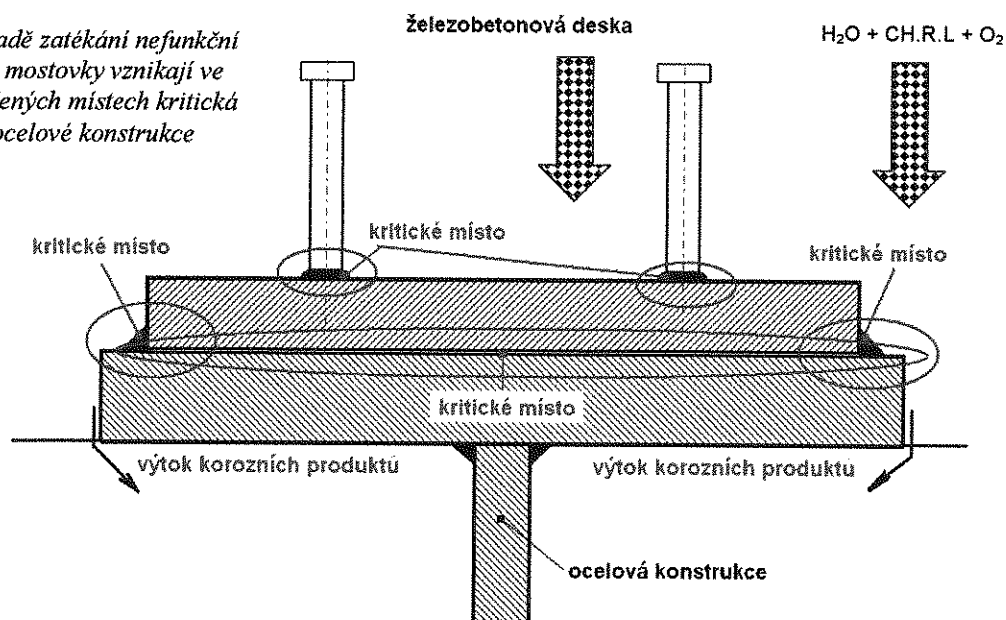
U spřažených ocelobetonových mostních konstrukcí může vlivem nefunkční izolace mostovky, nebo v místě netěsného mostního závěru, nebo v místě odvodňovače izolace nebo odvodňovače vozovky, dojít k zatékání kontaminovaných roztoků s CH.R.L z posypových solí do oblastí spřahujících prvků mostů, podle Obrázku 16, které způsobí zvýšenou korozi svarů trnů (galvanická koroze z důvodu kombinace materiálů trnů a horní pásnice z PO) a svarů lamelových pásnic. Tyto případy zatékání musí být vždy vyloučeny. V případech, kdy z horní strany mostovky do konstrukce zatéká, jsou dodávány další přísuny CH.R.L a roztoky jsou koncentrovanější, za minimálního odtoku. Místo nevysychá, je trvale vlhké. Horní pásnice/mostovka/svary trnů/svary lamelových pásnic korodují se vznikem vrstevnatých korozních produktů, které jsou částečně rozpouštěny a vynášeny spárami mezi ocelovou konstrukcí a betonem, viz Obrázek 16.

Kritická místa jsou na Obrázku 16 vyznačena a mohou způsobit v případě neřešení zatékání do železobetonové desky opravou izolace, havárii mostu. Obě korozní napadení (svarů i základního materiálu) jsou velmi nebezpečná z toho důvodu, že nejsou zjištělná žádnými metodami, kromě vizuálního posouzení výtoků korozních produktů ze spar. Konkrétní případ zatékání z praxe je zřejmý z Obrázku 17.

Konstrukční řešení svařovaných horních pásnic spřažených ocelobetonových mostních konstrukcí (podle Obrázku 16) není vhodné u nových konstrukcí vyrobených z patimující oceli navrhovat.

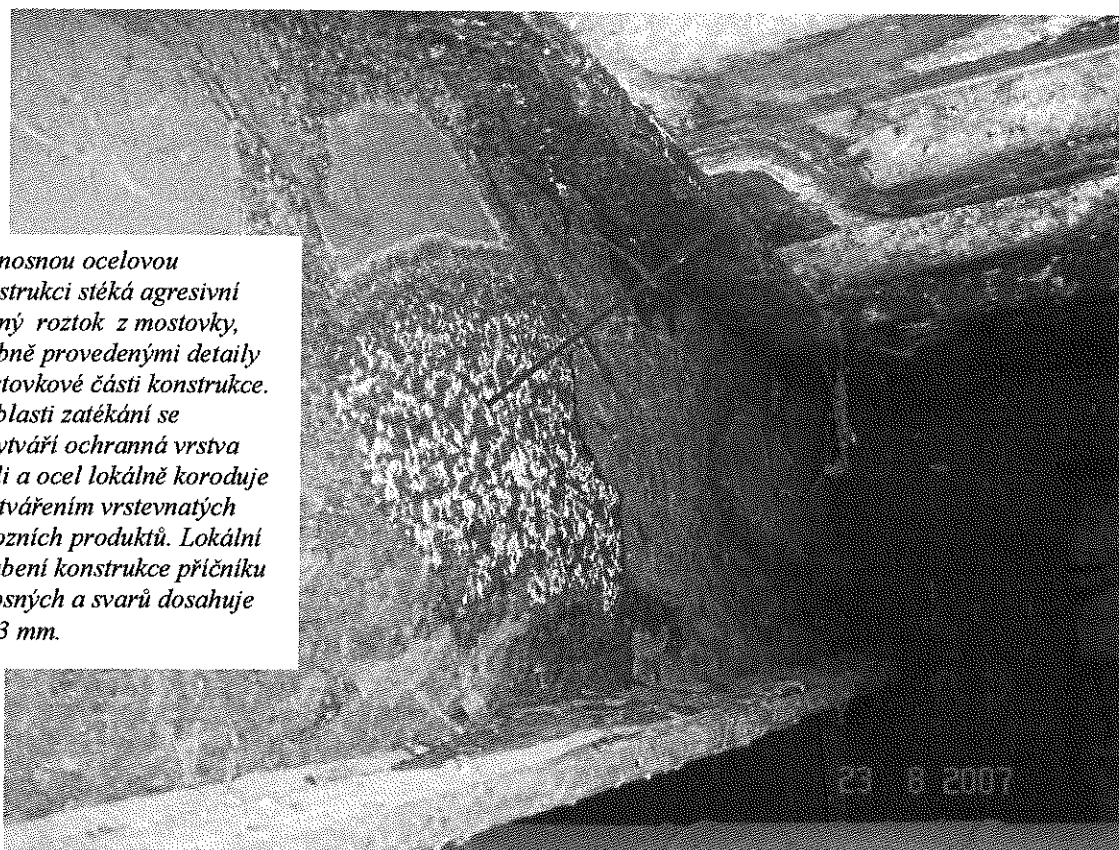
V případech již realizovaných ocelových mostních konstrukcí v provozu, musí být zaveden systém sledování vyznačených míst výtoků korozních produktů a v případě zjištěných poruch je třeba okamžitě sjednat nápravu otevřením spáry a opravou zdroje zatékání. Problémem zůstávají zbytkové korozní koncentrace solí, které se z těchto míst již nedají odstranit jiným způsobem, než otevřením shora (ze strany vozovky) a odstraněním železobetonové desky, společně s výměnou nebo opravou izolace mostovky a následně nově položenou vozovkou.

V případě zatékání nefunkční izolací mostovky vznikají ve vyznačených místech kritická místa ocelové konstrukce



Obrázek 16 – Vliv působení CH.R.L u spřažené ocelobetonové konstrukce mostu, lamelové pásnice

Na nosnou ocelovou konstrukci stéká agresivní vodný roztok z mostovky, chybně provedenými detaily mostovkové části konstrukce. V oblasti zatékání se nevytváří ochranná vrstva oceli a ocel lokálně koroduje s vytvářením vrstevnatých korozních produktů. Lokální oslabení konstrukce příčniku a nosných a svarů dosahuje 2 – 3 mm.

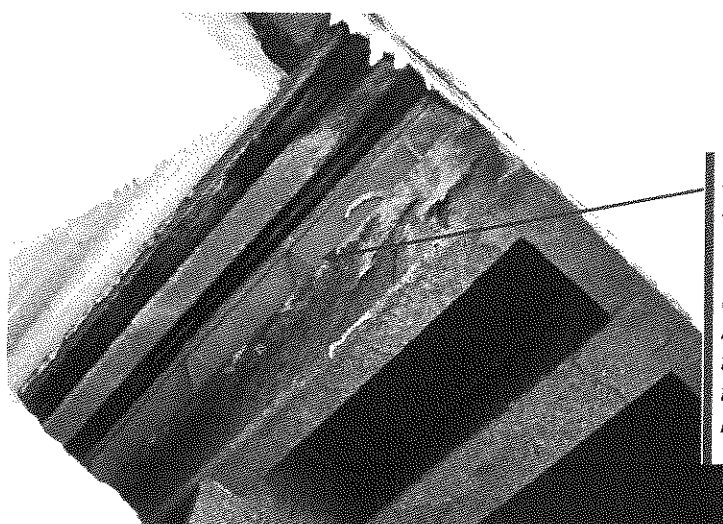


Obrázek 17 – Vliv působení agresivních vodných roztoků s CH.R.L na ocelovou mostní konstrukci

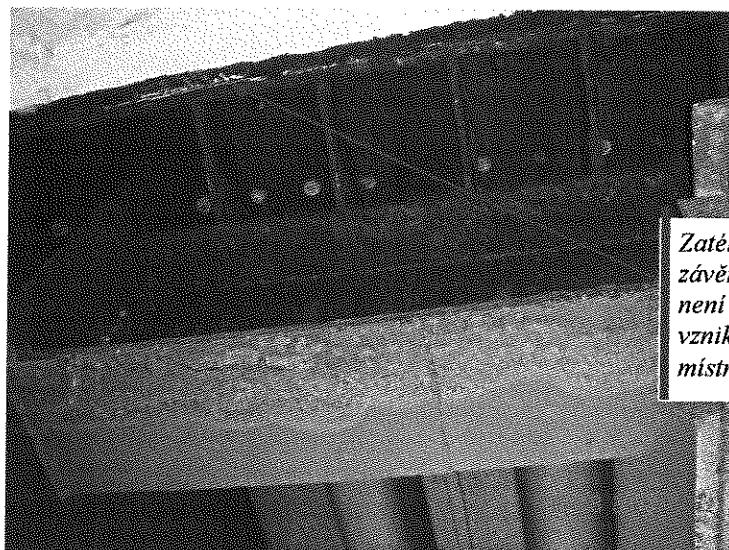
Požadavky na konstrukční řešení OK v místě mostních závěrů, detailů u mostních ložisek, detailů u odvodňovačů

Mostní závěry

Detaily mostních konstrukcí u mostních závěrů musí umožnit opravu provedení PKO. V místech mostních závěrů se provádí PKO již dílensky, a to na celou výšku ocelové mostní konstrukce, do vzdálenosti minimálně 5 metrů od konce OK, podle Obrázku 21. Vzdálenost mezi závěrnou zdí a nosnou konstrukcí mostního objektu musí umožnit vstup alespoň dvěma osobám pro provedení prohlídky, včetně možnosti umístění žebříku do této mezery a to s minimální vzdáleností 400 mm. PKO se provádí jak v místech opěr, tak v místech pilířů v případě konstrukčního umístění jakéhokoliv typu mostního závěru. V místě pilířů se PKO ocelové konstrukce z patinující oceli provádí na obě strany od osy mostního závěru, na celou výšku konstrukce a to v minimální délce 5 m. Stav ocelových konstrukcí a vliv zatékání v místech mostních závěrů po 16-ti a 24 letech je zřejmý na Obrázku 18.



Pohled na zatékání vodných roztoků s CH.R.L přes netěsný mostní závěr. Ocelová mostní konstrukce stárí 16 let. V místě nechráněné ocelové konstrukce dosahuje lokální oslabení konstrukce a svarů 2 – 3 mm. V místě, kde je konstrukce mostního závěru chráněna kovovým a nátěrovým povlakem nedošlo k žádnému koroznímu oslabení ocelové konstrukce.

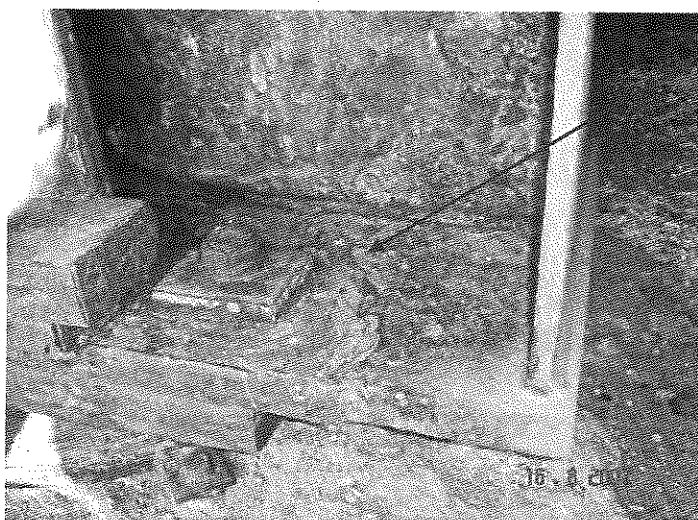


Zatékání vodných roztoků s CH.R.L přes mostní závěr u mostní konstrukce stárí 24 let. Ocel není schopna vytvořit ochrannou vrstvu, vznikají vrstevnaté korozní produkty, tloušťka místního oslabení 2 – 4 mm.

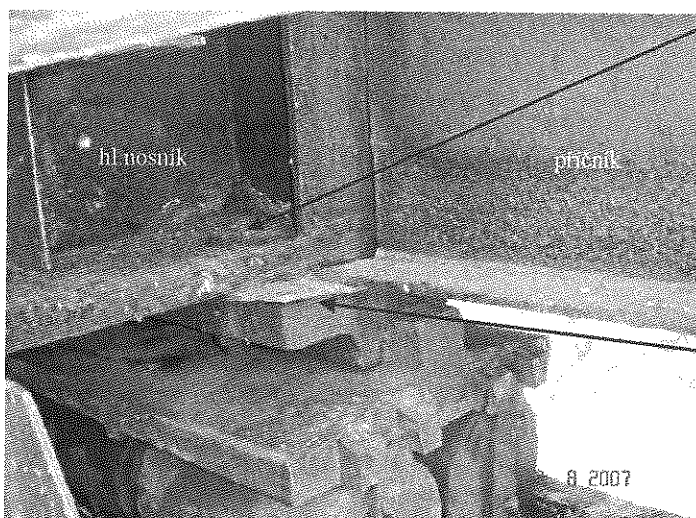
Obrázek 18 – Pohled na místa zatékání na ocelové mostní konstrukce v místě připojení mostních závěrů

Mostní ložiska

Připojení mostních ložisek a místa spár musí být chráněna dilensky provedenou PKO. Rozsah provedení PKO je stanoven požadavkem na ochranu ocelové konstrukce v místě mostních závěrů. V místě ocelové mostní konstrukce, kde jsou umístěna mostní ložiska, se provádí kromě povlaku PKO dolních pásnic a stěn také povlak PKO stykových ploch mezi ložiskem a ocelovou konstrukcí. Klínové desky, které jsou součástí mostní konstrukce, a slouží k vyrovnání spádu mostu, musí být ke konstrukci vždy přivařeny kvalitním koutovým svařem s přidavkem tloušťky na korozní oslabení konstrukce. Mostní ložisko ani klínová deska nesmí přesahovat rozměr dolní pásnice OK mostu. Důvody konstrukčního řešení i požadavku na provedení PKO jsou zřejmé z Obrázku 19, kde jsou zdokumentovány ocelové konstrukce stáří 21 let a 30-ti let. Současně s ocelovou mostní konstrukcí musí být opatřena PKO i vlastní konstrukce mostního ložiska.



Pohled na nevhodné provedení ukončení mostní konstrukce nad mostním ložiskem. Ocelová konstrukce, otevřená klimatickým srážkám s nevhodně navrženými a realizovanými výztuhami neumožňuje odtok vody a způsobuje lokální korozi s tvorbou vrstevnatých korozních produktů. Ocelová mostní konstrukce stáří 21 let. V místě nechráněné ocelové konstrukce dosahuje lokální oslabení konstrukce a svarů 2 – 3 mm.



Nevhodný detail řešení připoje příčníku na hlavní nosník ocelové mostní konstrukce, což způsobuje zadržování nečistot a vody na dolní pásnici ocelové konstrukce. Nečistoty a voda působí destruktivně na tvorbu ochranné vrstvy, dochází ke korozi šroubového spoje, který téměř neexistuje.

Mostní ložisko přesahuje dolní pásnici ocelové mostní konstrukce, což způsobuje zadržování nečistot a vody na vahadle ložiska. Nečistoty a voda vnikají do štěrbin mezi dolní pásnici a vahadlo a způsobují vznik štěrbinové koroze. Stáří konstrukce 30 let.

Obrázek 19 – Pohled na ocelové mostní konstrukce v místě jejich uložení na mostní ložiska

Odvodnění izolace, odvodnění vozovky, odvodňovací potrubí a odvodnění dutin komorových mostů

Odvodnění izolace a odvodnění vozovky musí být navrženo tak, aby prostupy přes ocelovou konstrukci nebo železobetonovou desku nedocházelo k zatékání na konstrukci vyrobenou z patinující oceli. Odvodňovací potrubí (svody a podélné potrubí) je nevhodné umísťovat do komorových konstrukcí mostů. V případě jejich netěsnosti dochází k zatékání do komor a znečištění těchto prostor agresivními látkami z vozovky.

Komorové typy mostních konstrukcí musí být navrženy a vyrobeny podle Obrázku 6. Vnitřní plochy musí být opatřeny protikorozi ochranou, detail provedení přesahů dolní pásnice musí odpovídat požadavkům podle Obrázku 22. Ve vnitřních plochách musí být zajištěna cirkulace vzduchu. Dolní pásnice musí být vybaveny odvodňovacími otvory v místech nejnižších míst ocelové komory. Nevhodné řešení komorového mostu je uvedeno na Obrázku 9. Materiál, použitý pro vytvoření zářezů na dolních pásnicích, musí být z patinující oceli. Pro výrobu odvodňovacích žlabů, s ohledem na vliv vodných agresivních roztoků s CH.R.L, není přípustné používat patinující ocel.

1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace

Zadávací dokumentace již musí přesně specifikovat, jaká jakost oceli má být vzhledem ke koroznímu prostředí a údržbě použita.

Pro hutní výrobky z patinující oceli platí, že výrobce oceli neposkytuje záruku na tvorbu ochranné vrstvy oceli, poskytuje záruku pouze na chemické složení a specifikované mechanické vlastnosti. Všechny vystavené dokumenty jakosti výrobcem oceli se tedy na tvorbu ochranné vrstvy nevztahují [92]. Záruka na tvorbu ochranné vrstvy je poskytována výhradně zhotovitelem stavby a zpracovatelem projektové specifikace nechráněné oceli podle článku 1.2.1.3, za podmínek známého tvaru ocelové konstrukce.

Morfologie povrchu oceli po 10-ti a více letech vystavení vlivu atmosféry má výrazně povrchově členitý charakter (obsahuje vyvýšeniny a prolákliny), viz Etalon koroze oceli, Tabulka 20. Současně s redukcí povrchu oceli koroze je důlkové korozní napadení příčinou změn mechanických vlastností oceli. Změny mechanických vlastností patinující oceli byly publikovány na základě výzkumu vlastností patinujících ocelí v [76]. Ke změnám mechanických vlastností oceli došlo vlivem změn geometrie povrchu, a to u tažnosti, u oceli ATMOFIX 52A, kdy bylo konstatováno snížení hodnot A_5 o 61-75%. Další výzkum sledování změn mechanických vlastností ocelí na zabudovaných ocelových konstrukcích je dosud ve vývoji.

V Tabulce 2 je uveden přehled jakostí patinujících ocelí pro mostní konstrukce s ohledem na mechanické vlastnosti ocelí a jejich odolnost proti chloridům. Protože nejsou v Evropě jiné jakosti patinujících ocelí, než výše uvedené, standardizovány, je tabulka doplněna dalšími jakostmi ocelí, které byly vyvíjeny a jsou standardizovány od 80-tých let minulého století v USA a v Japonsku, s ohledem na jejich výrazně výhodnější korozní chování v prostředí chloridů.

Pro porovnání chemického složení a mechanických vlastností ocelí je v textu dále uvedena Tabulka 3 a 4 pro ocel ATMOFIX, dodávaná podle VN 73 1466, v Tabulkách 5, 6 a 7 chemické složení a mechanické vlastnosti vhodných ocelí pro mostní konstrukce podle ČSN EN 10025-5, v Tabulkách 8 až 11 patinující oceli používané pro mosty v USA od 80-tých let minulého století, v Tabulkách 12 a 13 jsou již uvedeny oceli používané v USA se zvýšeným obsahem niklu a v Tabulkách 14 a 15 jsou potom uvedeny japonské oceli se zvýšeným obsahem niklu. Na rozdíl od Evropy, v USA a v Japonsku se vyvíjejí další patinující oceli, s vyššími obsahy niklu a chromu, které vykazují vyšší korozní odolnost vůči chloridům, viz Graf 1.

Tabulka 2 - Některé obchodní značky a jakosti patinujících ocelí, mechanické vlastnosti a odolnost vůči chloridům s ohledem na obsah niklu. Lit:[2],[47],[67],[68],[80],[81],[82],[83],[87],[88],[90].

Korozní odolnost vůči chloridům 2)	Obsah niklu [%]	Mez kluzu				
		do 300 MPa	do 400 MPa	400 – 600 MPa	500 – 700 MPa	600 – 900 MPa
žádná	nestanoven	-	ATMOFIX B S355J2W S355K2W	-	-	-
problematická	do 0,7	-	A588 A709 50W ¹⁾ A709 HPS 50W ¹⁾ COR-TEN B-D	A709 HPS 70W ¹⁾	-	-
dobrá	0,7 – 1,5	-	DURACORR	SPARTAN I	SPARTAN V	A709 100W ¹⁾ A709 HPS 100W ¹⁾
velmi dobrá	1,5 – 3,65	SMA400W-MOD JFE-ACL400	SMA490W-MOD JFE-ACL490	SMA570W-MOD JFE-ACL570	SPARTAN II	SPARTAN III SPARTAN IV
Poznámka: 1) Standard A709 je určen v USA pro mosty 2) Množství chloridů není kvantifikováno, zařazení je uvedeno podle údajů výrobců oceli a podle množství obsahu niklu						

Tabulka 3 - Chemické složení patinujících ocelí ATMOFIX (VN 73 1466 [68])

Jakost oceli	Norma jakosti	Chemické složení taveniny [%]										
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	Nb	V	Al
ATMOFIX A 15 217	ČSN 41 5217	max 0,12	0,30 1,00	0,25 0,75	0,50 1,25	0,30 0,60	0,30 0,55	0,06 0,15	max 0,04	-	-	min. 0,01
ATMOFIX B 15 127	ČSN 42 5127	0,10 0,17	0,90 1,20	0,20 0,45	0,40 0,80	0,30 0,60	0,30 0,55	max 0,04	max 0,04	0,02 0,06	0,02 0,06	min. 0,01

Tabulka 4 - Mechanické vlastnosti tlustých plechů z patinujících ocelí ATMOfIX (VN 73 1466 [68])

Jakost oceli	Tloušťka [mm]	Nejnižší mez kluzu R_e [MPa]	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Nejnižší tažnost napříč A_5 [%]	Nejnižší vrubová houževnatost [J.cm ⁻²]			
					°C	typ vrubu	průměrná	minimální
ATMOFIX A 15 217	do 12	345	470-590	22	0	KCU3	70	35
ATMOFIX B 15 127	do 16	355	470-620	22	-20	KCV	35	25
	do 35	345						
	do 50	335						

Tabulka 5 - Chemické složení vybraných ocelí pro mosty, podle ČSN EN 10025-5 [92]

Označení		C % max.	Si % max.	Mn %	P %	S % max.	N % max.	Dodávání prvků, které vážou dusík	Cr %	Cu %
Podle EN 10027-1 a CR 10260	Podle EN 10027-2									
S355J2W	1.8965	0,16	0,50	0,50-1,50	max. 0,030	0,030	-	ano	0,40-0,80	0,25-0,55
S355K2W	1.8967				max. 0,030	0,030	-	ano		

Tabulka 6 - Chemické složení vycházející z tabulky 4 ČSN EN 10025-5, rozbor hotového výrobku [92]

Označení		C % max.	Si % max.	Mn %	P %	S % max.	N % max.	Dodávání prvků, které vážou dusík	Cr %	Cu %
Podle EN 10027-1 a CR 10260	Podle EN 10027-2									
S355J2W	1.8965	0,19	0,55	0,45-1,60	max. 0,035	0,030	-	ano	0,35-0,85	0,20-0,60
S355K2W	1.8967				max. 0,035	0,030	-	ano		

Tabulka 7 - Mechanické vlastnosti pro vybrané oceli pro mosty podle ČSN EN 10025-5 [92]

Označení		Minimální mez kluzu R _{eH} MPa						Pevnost v tahu R _m MPa			Teplota °C	Minimální nárazová práce KV J
Podle EN 10027-1 a CR 10260	Podl e EN 1002 7-2	Jmenovitá tloušťka Mm						Jmenovitá tloušťka Mm				
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	<3	≥3 ≤100	≥100 ≤150		
S355J2 W	1.896 5	355	345	335	325	315	295	510- 680	470- 630	450- 600	-20	27
S355K2 W	1.896 7										-20	40

Tabulka 8 - Chemické složení oceli A588 (USA)[2]

Stupeň	výrobce	Obchodní název	Chemické složení [%]												
			C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	V	Yr	Nb	Ti
A	U.S.Steel	Cor-Ten B	max. 0,19	0,80 -1,25	0,04	0,05	0,30 -0,65	max. 0,40	0,40 -0,65	-	0,25 -0,40	0,02 -0,10	-	-	-
B	Bethlehem Steel	Mayari R-50	max. 0,20	0,75 -1,35	0,04	0,05	0,15 -0,50	max. 0,50	0,40 -0,70	-	0,20 -0,40	0,01 -0,10	-	-	-
C	Stelco	Stelcoloy 50	max. 0,15	0,80 -1,35	0,04	0,05	0,15 -0,40	0,25 -0,50	0,30 -0,50	-	0,20 -0,50	0,01 -0,10	-	-	-
D	Great Lakes Steel	NAX High Tensile	0,10 -0,20	0,75 -1,25	0,04	0,05	0,50 -0,90	-	0,50 -0,90	-	max. 0,30	-	0,05 -0,15	max. 0,04	-
E	Youngstown Sheet & Tube	Yolloy High Strength	max. 0,15	max. 1,20	0,04	0,05	max. 0,30	0,75 -1,25	-	0,08 -0,25	0,50 -0,80	max. 0,05	-	-	-
F	Republic Steel	Republic 50	0,10 -0,20	0,50 -1,00	0,04	0,05	max. 0,30	0,40 -1,10	max. 0,30	0,10 -0,20	0,30 -1,00	0,01 -0,10	-	-	-
G	Armco	High Strength A	max. 0,20	max. 1,20	0,04	0,05	0,25 -0,70	max. 0,80	0,50 -1,00	max. 0,10	0,30 -0,50	-	-	-	max. 0,07
H	Kaiser Steel	Kaisalloy 50	max. 0,20	max. 1,25	0,03 5	0,04	0,25 -0,75	0,30 -0,60	0,10 -0,25	max. 0,15	0,20 -0,35	0,02 -0,10	-	-	0,005 - 0,03
J	Jones & Laughlin	Jal-Ten	max. 0,20	0,60 -1,00	0,04	0,05	0,30 -0,50	0,50 -0,70	-	-	min. 0,30	-	-	-	0,03 - 0,05
K	Republic Steel	Dura Plate 50	max. 0,17	0,50 -1,20	0,04	0,05	0,25 -0,50	max. 0,40	0,40 -0,70	max. 0,10	0,30 -0,50	-	-	0,005- 0,05	-

Tabulka 9 - Mechanické vlastnosti oceli A588 (USA)[2]

Stupeň	Tloušťka [mm]	Mez pevnosti min [MPa]	Mez kluzu min [MPa]	Vrubová houževnatost	
				při teplotě [°C]	KV min. [J]
Všechny skupiny	$t \leq 100$	485	345	-	-
	$100 < t \leq 125$	460	315		
	$125 < t \leq 200$	435	290		
	$2 < t \leq 60$	485	345	-20°C	27

Tabulka 10 - Chemické složení oceli A709 stupně 50W a stupně 100W (USA)[2]

Stupeň	výrobce	Obchodní název	Chemické složení [%]											
			C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	V	B	Ti
Stupeň 50W														
A	U.S.Steel	Cor-Ten B	max. 0,19	0,80 - 1,25	max. 0,04	max. 0,05	0,30 - 0,65	max. 0,40	0,40 - 0,65	-	0,25 - 0,40	0,02 - 0,10	-	-
B	Betlehem Steel	Mayari R-50	max. 0,20	0,75 - 1,35	max. 0,04	max. 0,05	0,15 - 0,50	max. 0,50	0,40 - 0,70	-	0,20 - 0,40	0,01 - 0,10	-	-
C	Stelco	Stelcoloy 50	max. 0,15	0,80 - 1,35	max. 0,04	max. 0,05	0,15 - 0,40	0,25 - 0,50	0,30 - 0,50	-	0,20 - 0,50	0,01 - 0,10	-	-
F	Republic Steel	Republic 50	0,10 - 0,20	0,50 - 1,00	max. 0,04	max. 0,05	max. 0,30	0,40 - 1,10	max. 0,30	0,10 - 0,20	0,30 - 1,00	0,01 - 0,10	-	-
Stupeň 100W														
E	Youngstown Sheet & Tube	Yolloy High Strength	0,12 - 0,20	0,40 - 0,70	max. 0,035	max. 0,04	0,20 - 0,40	-	1,40 - 2,00	0,40 - 0,60	-	-	0,001 - 0,005	0,04 - 0,10
F	Republic Steel	Republic 50	0,10 - 0,20	0,60 - 1,00	max. 0,035	max. 0,04	0,15 - 0,35	0,70 - 1,00	0,40 - 0,65	0,40 - 0,60	0,15 - 0,50	0,03 - 0,08	0,0005 - 0,006	-
P			0,12 - 0,21	0,45 - 0,70	max. 0,035	max 0,04	0,20 - 0,35	1,20 - 1,50	0,85 - 1,20	0,45 - 0,60	-	-	0,001 - 0,005	-
Q			0,14 - 0,21	0,95 - 1,30	max. 0,035	max. 0,04	0,15 - 0,35	1,20 - 1,50	1,00 - 1,50	0,40 - 0,60	-	0,03 - 0,08	-	-

Tabulka 11 - Mechanické vlastnosti oceli A709 stupně 50W a stupně 100W (USA)[2]

Stupeň	Tloušťka plechu [mm]	Mez pevnosti min [MPa]	Mez kluzu min [MPa]	Vrubová houževnatost		
				při teplotě [°C]	Pro tloušťku plechu [mm]	KV min. [J]
50WT	t ≤ 102	485	345	21°C; 4°C;	t ≤ 102	20
50WF					t ≤ 51	20
					51 < t ≤ 102	27
					t ≤ 102	34
					t ≤ 51	34
					51 < t ≤ 102	41
100W T	t ≤ 64	760-895	690	-1°C; - 18°C; - 34°C	t ≤ 102; 64 t ≤	34
100W F						48
100W T	64 < t ≤ 102	690-895	620		64 < t ≤ 102	41
100W F						61

Tabulka 12 - Chemické složení patinujících ocelí obsahujících 1,5 až 3% Ni (USA), podle údajů výrobců oceli lit.[80],[81],[82],[83],[90].

Ocel	Chemické složení [%]											
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Al	N
HPS 50W	0.11	0.30-0.50	1.10-1.35	0.02	0.006	0.25-0.40	0.45-0.70	0.25-0.40	0.02-0.08	0.04-0.08	0.01-0.04	0.015
HPS 70W	0.11	0.30-0.50	1.10-1.35	max. 0.020	max. 0.006	0.25-0.40	0.45-0.70	0.25-0.40	0.02-0.08	0.04-0.08	0.01-0.04	max.0.015
HPS 100W	0.08	0.15-0.35	0.95-1.50	0.015	0.006	0.90-1.20	0.40-0.65	0.65-1.00	0.40-0.65	0.04-0.08	0.02-0.05	0.015
SPARTAN™ I	0.07	-	0.40-0.70	-	-	1.00-1.30	0.60-0.90	0.70-1.00	0.15-0.25	-	-	-
SPARTAN™ II	0.07	-	0.75-1.15	-	-	1.00-1.30	0.45-0.75	1.50-2.00	0.30-0.55	-	-	-
SPARTAN™ III	0.07	-	0.75-1.15	-	-	1.15-1.75	0.45-0.75	3.35-3.65	0.55-0.65	-	-	-
SPARTAN™ IV	0.07	-	0.75-1.15	-	-	1.00-1.30	0.45-0.75	2.40-3.00	0.45-0.65	-	-	-
SPARTAN™ V	0.08	-	0.90-1.50	-	-	0.90-1.20	0.40-0.75	0.65-1.00	0.40-0.65	-	-	-
DURACORR®	0.025	0.70	1.50	0.040	0.015	-	11.0-12.5	1.00	0.20-0.30	-	-	0.030

Tabulka 13 - Mechanické vlastnosti patinujících ocelí obsahujících 1,5 až 3% Ni (USA), podle údajů výrobců oceli lit.[80],[81],[82],[83],[90].

Ocel	Tloušťka [mm]	Mechanické vlastnosti			
		Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Vrubová houževnatost v podélném směru [J]	
				Teplota T_s [°C]	$\sqrt{E_0}$
HPS 50W	-	345	485	-12	27
HPS 70W	-	485	585 - 760	-23	34
HPS 100W	-	690	760 - 895	-34	34
SPARTAN™ I	51	552	-	-51	54
	102	448	-	-51	54
SPARTAN™ II	51	690	-	-51	54
	102	552	-	-51	54
SPARTAN™ III	51	827	-	-51	54
	102	690	-	-51	54
SPARTAN™ IV	51	827	-	-51	54
	102	690	-	-51	54
SPARTAN™ V	51	690	-	-51	54
	102	552	-	-51	54
DURACORR®	Grade 40	275	455	-12°C	27
	Grade 50	345	485	-12°C	27

Tabulka 14 - Chemické složení 3%-Ni patinujících ocelí (Japonsko), podle údajů JFE Steel Corporation a Nippon Steel Corporation, lit.[47],[87],[88].

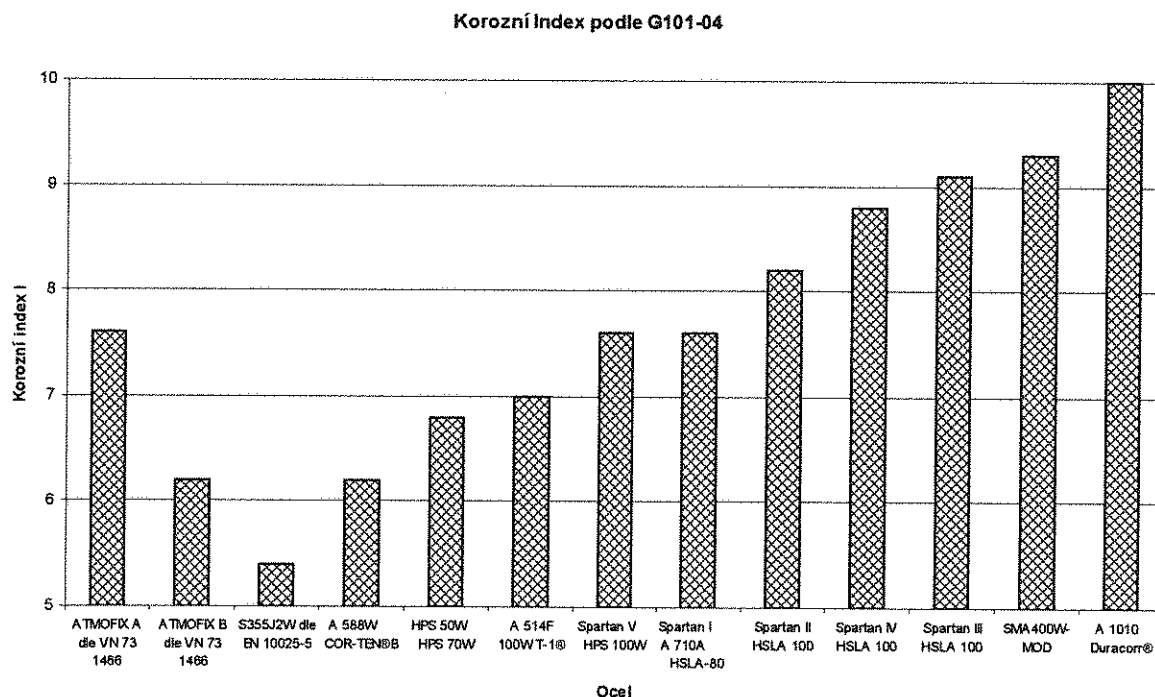
Ocel	Chemické složení [%]											
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	V	Al	N
JFE-ACL400 Typ 1	0,04	0,30	0,57	0,032	0,003	-	-	1,42	0,30	-	-	-
JFE-ACL490 Typ 1	0,07	0,32	0,71	0,033	0,002	-	-	1,45	0,32	-	-	-
JFE-ACL570 Typ 1	0,07	0,26	0,74	0,029	0,004	-	-	1,48	0,31	-	-	-
JFE-ACL400 Typ 2	0,02	0,27	0,32	0,011	0,003	0,37	-	2,60	-	-	-	-
JFE-ACL490 Typ 2	0,02	0,29	0,92	0,006	0,005	0,37	-	2,68	-	-	-	-
JFE-ACL570 Typ 2	0,02	0,34	0,98	0,013	0,002	0,39	-	2,61	-	-	-	-
SMA400W- MOD	0,06	0,18	0,50	0,006	0,002	0,34	0,02	3,06	-	-	-	-
SMA490W- MOD	0,06	0,20	0,85	0,005	0,002	0,32	0,02	3,05	-	-	-	-
SMA570WQ- MOD	0,06	0,20	1,36	0,004	0,002	0,34	0,02	3,06	-	0,02	-	-

Tabulka 15 - Mechanické vlastnosti 3%-Ni patinujících ocelí (Japonsko), podle údajů JFE Steel Corporation a Nippon Steel Corporation, lit.[47],[87],[88].

Ocel		Tloušťka plechu [mm]	Mez pevnosti min [MPa]	Mez kluzu min [MPa]	Vrubová houževnatost v podélném směru	
					Teplota [°C]	min. [J]
SMA400W- MOD; JFE-ACL400	A	t ≤ 16	400 – 540	245 235 215 215	-	-
	B	16 < t ≤ 40 40 < t ≤ 75			0	27
	C	75 < t ≤ 100			0	47
SMA490W- MOD; JFE-ACL490	A	t ≤ 16	490 – 610	365 355 335 325	-	-
	B	16 < t ≤ 40 40 < t ≤ 75			0	27
	C	75 < t ≤ 100			0	47
SMA570WQ-MOD; JFE-ACL570		t ≤ 16 16 < t ≤ 40 40 < t ≤ 75 75 < t ≤ 100	570 - 720	460 450 430 420	-5	47

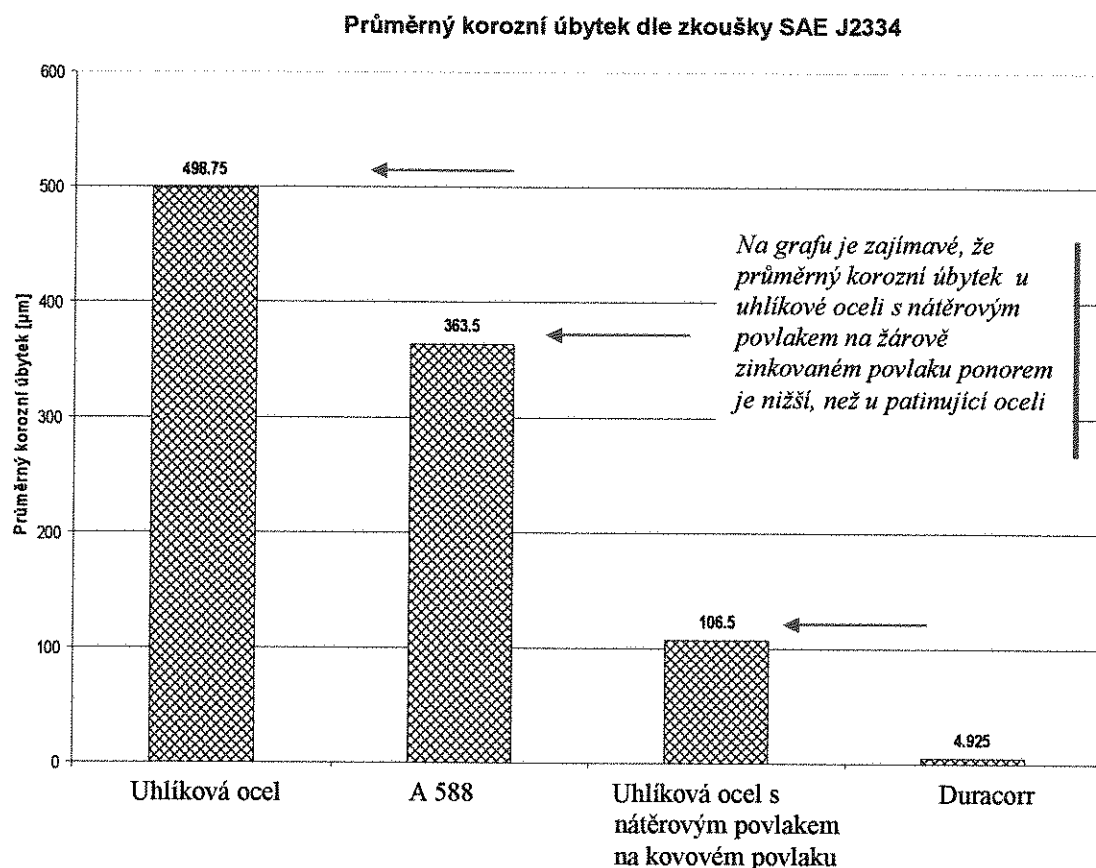
Na základě výsledku rozboru korozního prostředí podle článku 1.2.1.3 a podle požadavku na mechanické vlastnosti oceli a tvar ocelové konstrukce je v ZDS stanovena nevhodnější jakost oceli se zvýšenou odolností proti korozi, ocel musí být odolná vůči působení CH.R.L a to po celou dobu životnosti ocelové konstrukce.

V Grafu 1 jsou uvedeny korozní indexy I jednotlivých ocelí podle ASTM G 101-04, z roku 2004 [98], pro porovnání schopnosti vytvářet na svém povrchu ochrannou vrstvu. Podle tohoto standardu musí být hodnota indexu $I > 6$. Do grafu byly pro srovnání zahrnuty oceli používané v České republice ATMOFIX A, ATMOFIX B a ocel S 355 J2 W, dodávané podle ČSN EN 10025-5 pro ocelové mostní konstrukce na D8 a D47. Hodnoty chemického složení oceli ATMOFIX a oceli S 355 J2W podle ČSN EN 10025-5 [92] byly převzaty ze standardů pro dodací a technické podmínky. Hodnoty jsou pouze orientační, platí pouze pro USA, protože vyžadují splnění dalších podmínek. Nicméně podle grafu je zřejmé, že oceli dodávané podle ČSN EN 10025-5 mají nižší korozní index, než ocel ATMOFIX A a ATMOFIX B. Hodnoty pro výpočet korozního indexu byly použity z chemických rozborů taveb ocelových konstrukcí na dálnici D8.



Graf 1 – Výsledky porovnání jednotlivých druhů a jakostí ocelí podle korozního indexu I , převzato podle International Steel Group, Weathering Steel, 2004 [68],[83],[98].

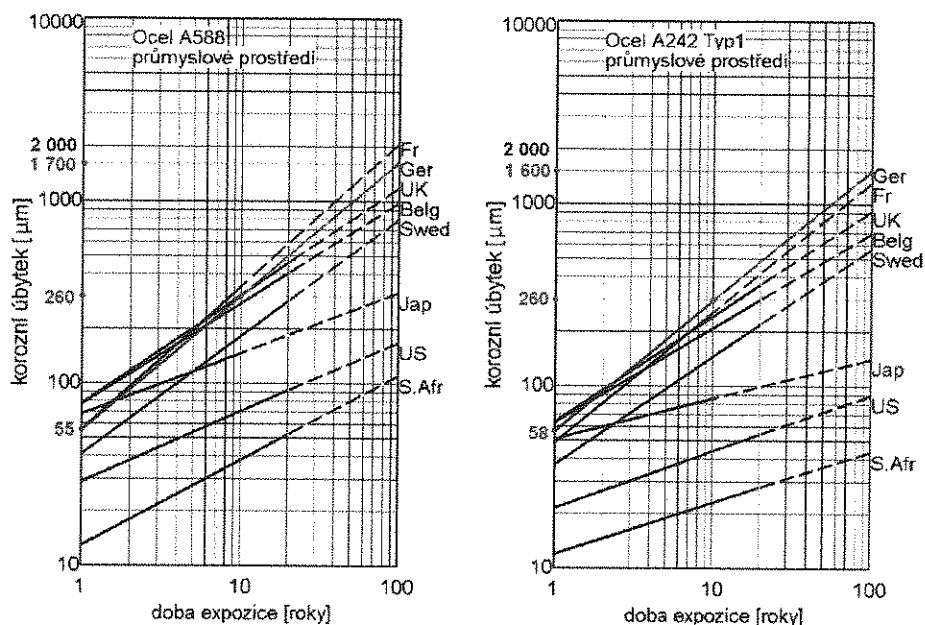
V Grafu 2 jsou uvedeny pro porovnání oceli korozní úbytky jednotlivých ocelí podle zkoušky SAE J2334 v závislosti na druhu oceli a povlaku. Zkouška se používá v automobilovém průmyslu USA a v US Army.



Graf 2 – Výsledky průměrných korozních úbytků podle cyklické zkoušky J2334, publikováno International Steel Group, Duracorr, 2004 [83].

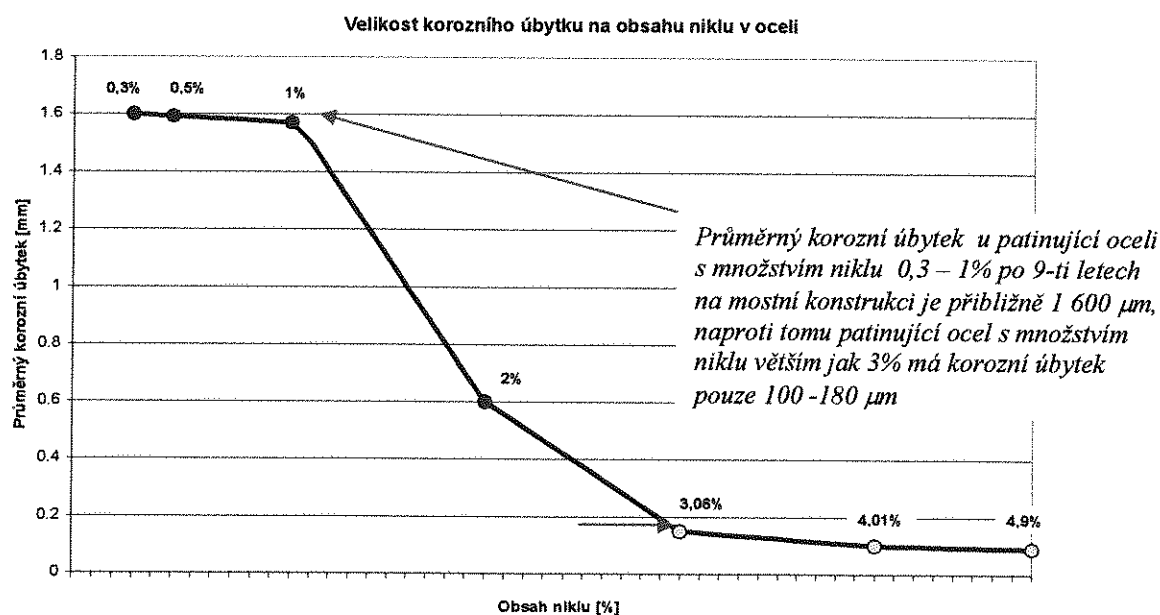
V Grafu 3 jsou uvedeny korozní úbytky (v μm) pro oceli A588 a A242 pro průmyslové prostředí. Jestliže vycházíme z předpokladů, které jsou uváděny pro Německo, korozní úbytky bez započítání vlivu CH.R.L. můžeme předpokládat po 10-ti letech v hodnotách 260 μm , po 100 letech v hodnotách 1,6 až 1,7 mm pro ocel A242 a A588. Tyto hodnoty jsou pouze orientační, nicméně odpovídají hodnotám, které byly zjištěny v reálných podmínkách pro oceli ATMOFIX B po 30-ti letech používání.

Z tohoto důvodu je třeba navrhovat pro nové mostní objekty nechráněných ocelových konstrukcí technologické přídavky na tloušťku položky minimálně 2 mm, včetně přídavků 2 mm u koutových svarů. Tím je zajištěno, že i v případě lokálního oslabení konstrukce a detail vyhoví statickému posouzení a bude splněna životnost 100 let.



Graf 3 – Výsledky korozních úbytků ocelí A 588 a A242, podle ASTM G 101-04, z roku 2004 [98].

V Grafu 4 jsou uvedeny hodnoty korozních úbytků, v porovnání s chemickým složením ocelí, po 9-ti letech expozice na provozovaných mostních konstrukcích v Japonsku, převzato podle Nippon Steel Technical Report No 87, 2003. Modré body označují výskyt vrstevnatých korozních produktů, žluté body výskyt ochranné vrstvy oceli. Z grafu vyplývá, že běžná patinující ocel s 0,3% nebo 0,5 % niklu (A242 podle ASTM) není schopna vytvořit odpovídající ochrannou vrstvu oceli a dochází k tvorbě vrstevnatých korozních produktů, zejména u dolních pásnic a částí stěn hlavních nosníků vlivem působení chloridových iontů. Tyto zkušenosti jsou i potvrzeny i na základě diagnostiky konstrukcí v České republice.



Graf 4 – Závislost velikosti korozních úbytků patinující oceli na množství niklu v oceli, umístěno v prostředí s chloridy [46].

Oceli musí být dodávány ve stavu podle objednávky ve shodě pro konstrukce pozemních komunikací s kapitolou 19 A TKP a podle příslušných materiálových norem, podle kterých je ocel standardizována. Volitelný požadavek je označen jako VP19a v Příloze 19A.P1, Tabulka 1 kapitoly 19 A TKP. V případě použití materiálu pro dynamicky namáhané konstrukce je možno zabudovat výhradně stav +N nebo +M. Údaje o stavu dodávky a dodatečném tepelném zpracování výrobku musí být uvedeny v příslušném dokumentu kontroly. Pro přípustné rozměry a mezní úchytky rozměrů výrobků válcovaných ocelí platí ustanovení podle kapitoly 19 A TKP. V zadávací dokumentaci musí být uvedeny údaje o přípustných úchytkách rozměrů tak, aby bylo zřejmé, s jakými údaji projektant pracuje ve statickém výpočtu. Pro nechráněné ocelové mostní konstrukce z patinující oceli bude uvažován technologický přídavek tloušťky položky minimálně 2 mm, včetně přídavku 2 mm na tupé a koutové svary. Hutní materiál je objednávan pro ocelové konstrukce pozemních komunikací podle článku 19.A.4 kapitoly 19 A TKP, v rozsahu stanovených požadavků, kromě požadavků na jakost povrchu. V případě požadavku dodávky patinující oceli v nechráněném stavu, se z hlediska jakosti povrchu, ocel a široké plechy dodávají ve třídě A podskupina 3 podle ČSN EN 10163-2, tvarové tyče ve třídě C podle ČSN EN 10163-3, a to zásadně ve stavu bez okují. V případě následně prováděné protikorozi ochrany jsou požadavky objednávky ve třídě B, podskupina 3 podle ČSN EN 10163-2, tvarové tyče ve třídě C podle ČSN EN 10163-3, a to ve stavu odokujeném.

Přídavný materiál pro svařování

Vhodnost použití přídavných materiálů je určena zejména porovnáním výsledků: chemického složení, pevnosti v tahu, meze kluzu, tažnosti a hodnoty nárazové práce základního a přídavného materiálu. Pozornost je třeba věnovat teplotám, při kterých je výrobcem základního materiálu dokladována hodnota nárazové práce. Hodnota nárazové práce čistého svarového kovu je na rozdíl od základního materiálu stanovena minimálně 47 J. Pro mostní objekty je minimální teplota zkoušení nárazové práce pro přídavný materiál - 20 °C. S ohledem na zjištěnou korozi svarových spojů u provozovaných ocelových konstrukcí v České republice a s ohledem na provádění údržby a vliv CH.R.L je zakázáno kombinovat přídavný materiál po výšce svaru, tj. svařovat výplňové vrstvy svarů materiálem pro běžnou konstrukční ocel a pouze horní vrstvy svařovat přídavným materiálem pro patinující ocel. Výrobce přídavného materiálu musí prokázat vlastnosti těchto materiálů typovými zkouškami před zahájením výroby a pravidelnými zkouškami v souladu se systémem řízení jakosti ISO 9001 v souladu s ČSN EN 13479, výsledky jsou uvedeny v příslušném dokumentu kontroly jakosti 3.1 podle ČSN EN ISO 10204. Zkoušky mechanických vlastností přídavného materiálu jsou prováděny podle ČSN EN 14532-1, ČSN EN 14532-2. Výsledky se ověřují výrobcem/montážní organizací v příslušné WPQR svaru. Jednotlivý druh (i výrobce) přídavného materiálu musí odpovídat příslušné WPS a WPQR pro uvedený typ svaru. Není povoleno používat stejnou jakost přídavného materiálu od různých výrobců bez příslušné WPQR. Protože nejsou dostupné žádné korozi zkoušky přídavných materiálů pro svařování je nutné navrhovat tupé svary pro nosné spoje a vyhodnocovat jejich korozi úbytky během životnosti ocelové konstrukce. Pro prvních 10 let expozice ocelové konstrukce se posouzení korozi úbytků vyhodnotí podle článku 1.13.2. Svařovací materiály se volí s ohledem na jejich konkrétní použití, podle tvaru spoje, podle polohy svařování, podle provozních podmínek svařování. Pro jednotlivé metody svařování se volí přídavné materiály podle ČSN EN 13479.

1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí

Zadávací dokumentace stavby (dále ZDS) již musí přesně specifikovat, jaké korozní prostředí je možné očekávat po zabudování ocelové konstrukce do stavby. Na ocelovou konstrukci působí jednak vnější prostředí, ale také tvar ocelové konstrukce a také způsob údržby (mikroklima). Společně se způsobem údržby mají zásadní vliv na vytvoření ochranné vrstvy oceli. V metodice staveb pozemních komunikací [99] již ve stupni vypracování zadávací dokumentace stavby musí být posouzeny všechny výjmenované vlivy, a to:

Pro objednatele stavby se v rámci vypracování ZDS zpracuje projektová specifikace pro konstrukce vyrobené z patinující oceli, a to dvojím způsobem. V případě, že se jedná o nechráněnou ocelovou konstrukci (i s částečnou PKO na některých plochách), je vypracována autorem ZDS Projektová specifikace nechráněné patinující oceli (dále Projektová specifikace NPO). Obsah projektové specifikace je uveden v Tabulce 16.

V případě, že se jedná o ocelovou konstrukci opatřenou PKO v celé ploše, zajišťuje autor ZDS pro objednatele vypracování Projektové specifikace PKO. Obsah projektové specifikace PKO je uveden pro stavby pozemních komunikací v technických a kvalitativních podmínkách TKP kapitola 19, část B.

Projektová specifikace NPO i PKO je závazná. Protože v rámci ZDS je provedeno finanční ocenění ocelové konstrukce na základě Projektové specifikace, je závazná i cena ocelové konstrukce. Ocelová konstrukce má stanovené rozměry a tvary v ZDS, umístění pro dané korozní prostředí, stanovenou údržbu ocelové konstrukce a podmínky pro vytvoření ochranné vrstvy oceli. Jestliže během zpracování realizační dokumentace stavby (dále RDS) dojde k zásahům do tvaru, jakosti materiálů, typu svařů apod. je to možné pouze s písemným souhlasem objednatele, za podmínky vypracování nové Projektové specifikace NPO a PKO pro objednatele, bez cenových důsledků.

V případě, že se během vypracování RDS zjistí dodatečné požadavky na doplnění nechráněné ocelové konstrukce PKO, je to možné za podmínky dodatečného vypracování Projektové specifikace PKO pro objednatele, a to v rozsahu podle článku 1.2.2.3. Tato projektová specifikace PKO je pro zhotovitele závazná. Cenový dopad na změnu smluvních podmínek musí být řešen individuálně objednatelem. V dokladové části spisu musí být uloženy doklady o této změně.

Tabulka 16 - Projektová specifikace nechráněné patinující oceli (NPO) v ZDS (povinně se vyplňuje již v ZDS, platí v plném rozsahu pro RDS), částečná PKO v určených místech. Je vypracována pro posouzení účelnosti návrhu patinující oceli, včetně ekonomického vyhodnocení

Č. bodu	Popis bodu
1.1	Obecné informace
1.1.1	Název projektu, lokalita mostu
1.1.2	Objednatel
1.1.3	Správce objektu
1.1.4	Jméno, kvalifikace zpracovatele specifikace, záruka na specifikaci NO
1.1.5	Vyhodnocení podmínek prostředí, podle výsledků ověření korozního prostředí bod (5) článek 3.1 těchto TP. Posuzovaná konstrukce.
1.1.6	Charakter pozemní komunikace, korozní prostředí, kde je posuzovaná OK umístěna, dále definice městské, venkovské, průmyslové, horské, podhorské, nížinné prostředí
1.1.7	Charakter přemostované překážky, orientace na světovou stranu, převládající směr větru
1.1.8	Popis předpokládané zimní údržby
1.1.9	Předpokládané chemické složení posypových solí, počet během zimního období
1.1.10	Speciální korozní prostředí, popis podle Přílohy 2 těchto TP
1.2	Druh projektu
1.2.1	Základní informace o stavebním objektu, popis ocelové konstrukce
1.2.2	Požadavky na údržbu podle těchto TP (po dobu životnosti OK)
1.3	Typ konstrukce a její detaily
1.3.1	Návrh konstrukce a detailů podle TP
1.3.2	Druh a jakost oceli, stanovení indexu koroze I podle ASTM G101 podle materiálové normy oceli
1.3.3	Druh spojů
1.3.4	Galvanické články
1.3.5	Přístupnost k ocelové konstrukci pro prohlídky a údržbu
1.3.6	Uzavřené a duté prvky
1.3.7	Jednotlivé plochy OK, popis a výměra
1.3.8	Popis umístění (les, řeka, potok, nadjezd, město, apod.)
1.3.9	Speciální korozní zatížení podle Přílohy 2 TP, pro jednotlivé plochy podle 1.4.1
1.3.10	Vyznačení kritických míst konstrukce podle Obrazového katalogu vad a poruch
1.3.11	Související stavební práce (betonáž, montáž dalších stavebních prvků apod.)
1.4	Životnost konstrukcí z patinující oceli a výpočet nákladů
1.4.1	Životnost konstrukce, požadavky na záruční dobu a vyhodnocení podle těchto TP
1.4.2	Maximální korozní úbytek – uveďte se, včetně svarů a šroubových spojů
1.4.3	Stanovený přírůstek na tloušťku profilů, včetně svarů
1.4.4	Výpočet nákladů na výstavbu a údržbu konstrukce během životnosti, porovnávací výpočet
1.5	Systémy povlaků PKO – preventivní (dílenské a montážní)
1.5.1	Umístění PKO
1.5.2	Typ povrchu
1.5.3	Stupeň přípravy povrchu, čistota, drsnost
1.5.4	Metoda přípravy povrchu na dílně, popř. montáži nebo v průběhu životnosti PKO
1.5.5	Systémy povlaků PKO – popis systémů
1.5.6	Způsob měření tloušťek PKO
1.5.7	Zvláštní údaje k provádění prací, detaily ukončení PKO
1.5.8	Speciální požadavky k ochraně prostředí
1.6	Systémy PKO – dodatečné povlaky PKO
1.6.1	Podmínky, za jakých se dodatečné povlaky PKO provádějí
1.6.2	Požadavky na skladbu a jakost dodatečných povlaků
1.6.3	Klimatické podmínky provádění PKO
1.6.4	Způsob aplikace povlaků

1.6.5	Místo provádění prací
1.7	Systém jakosti povlaků PKO
1.7.1	Průkazní zkoušky systému PKO, certifikace systému PKO
1.7.2	Kontrola jakosti, zajištění jakosti a záznamy, kontrolní zkoušky
1.7.3	Záruční doba, popis stupně vad
1.8	Inspekce a dozor
1.8.1	Dozor pracovníky zhotovitele
1.8.2	Inspekce externími (nezávislími) pracovníky objednatele
1.8.3	Způsoby inspekce podle TP
1.8.4	Jednotlivé kroky inspekce podle TP
1.9	Kontrolní plochy pro stanovení korozních úbytků
1.9.1	Umístění a počet kontrolních ploch
1.9.2	Metodika měření
1.9.3	Odpovědnost za záznamy
1.9.4	Vyhodnocení měřených ploch podle těchto TP, Příloha4
1.10	Zdraví, bezpečnost práce a ochrana životního prostředí
1.10.1	Směrnice, množství VOC podle DATASHEETu hmot
1.11	Speciální požadavky
1.11.1	Postup při nedodržení specifikace NO
1.11.2	Speciální požadavky pro kontrolu prací PKO
1.11.3	Požadavky na manipulace s dílci
1.11.4	Požadavky na provedení dílenské přejímky, montážní prohlídky, hlavní prohlídky podle těchto TP
1.12	Porady
1.12.1	Porady a jednání k započetí práce
1.12.2	TePř protikorozní ochrany (požadavky pro zpracování)
1.12.3	Zahájení prací
1.12.4	Pokyny k pokračování prací
1.13	Dokumentace (součástí tiskopisu je dokumentace)
1.13.1	Ověření korozního prostředí – rozbor, včetně dokladů podle těchto TP
1.13.2	Výpočet nákladů
1.13.3	Výpočet korozního indexu I podle ASTM G101
1.13.4	Schéma konstrukce s vyznačením kritických míst korozních úbytků podle těchto TP
Za vypracování specifikace odpovídá, Jméno, datum, podpis zpracovatele:	
číslo a datum smluvních podmínek:	

Korozní agresivita atmosféry a zvláštní korozní namáhání

Vnější korozní prostředí působící na ocelovou konstrukci je pro konstrukce pozemních komunikací (dále PK) definováno stupněm korozní agresivity atmosféry podle ČSN EN ISO 12 944-2. Pro konstrukce PK platí stupně C podle ČSN EN ISO 12944 a ISO 9223 a speciální korozní namáhání podle článku 1.2.2.3 [102] a to:

- **Stupeň C4** - pro všechny typy ocelových konstrukcí a ocelových výrobků umístěných na pozemní komunikaci
- **Stupeň C3 nebo C4** (podle ISO 9223) - pro vnitřní prostory přístupných dutých konstrukcí (podle ČSN ISO 11844-1 platí stupně IC. Od stupně vnějšího prostředí C3 včetně, nejsou stupně C do IC převeditelné)

Protože u konstrukcí, které jsou umístěny do vnějšího prostředí nastává působení dalších korozních vlivů, článek 1.2.2.3 stanoví kombinace stupně speciálního korozního namáhání (S1-S28) a kategorie speciálního korozního namáhání (K1 - K11) pro podmínky údržby PK v České republice v souladu s Přílohou B EN ISO 12944-2. Pokud je relativní vlhkost vzduchu vyšší než 60%, ocelové konstrukce jsou vystaveny vlhkosti, kondenzaci, nebo střídavému ponoru, potom dochází ke vzniku koroze. Nečistoty usazené na povrchu oceli, zejména vliv CH.R.L. ze zimních postřiků, přítomnost organických látek (listí, plísně, bakterie, ptáci trus), vliv proudění větru, UV záření, sklon pásnic a stěn apod. vytvářejí následně místní mikroklima, které způsobuje významný, ale současně proměnlivý nárůst koroze oceli, podle místa na ocelové konstrukci [67], [68].

Historie před rokem 2008

Zatřídění ocelových konstrukcí do korozního prostředí v České republice bylo již od počátku používání patinujících ocelí nevhodně provedeno. Nebylo uvažováno s vlivem zimní údržby na mostech pozemních komunikací (vliv CH.R.L), a také konkrétní vliv tvaru konstrukce, doby ovlhčení v lesních a venkovských prostředích, vliv chybějící údržby a reálný stav ocelových konstrukcí za provozu, nebyl s dostatečnou vážností posouzen. Přehled zatřídění konstrukcí od roku 1978 je uveden v Tabulce 1. Nejprve byly ocelové konstrukce zařazeny podle Směrnice pro použití oceli ATMOFIX (TEVÚH), která platila od roku 1978 do stupně 1 (podle ČSN 038203:1979) a to i pro mosty pozemních komunikací. Stupeň 1 znamenal velmi malou korozní agresivitu, nejnižší tehdy možný stupeň. Podle VN 73 1466 Nosné konstrukce z patinujících ocelí ATMOFIX, která byla vydána v roce 1995 je zatřídění mostů pozemních komunikací opět nejnižší a to podle ČSN 03 8260 Změna 2: 1994 charakteristika prostředí venkovská. Naopak až tyto technické podmínky mohly ocelové konstrukce mostů pozemních komunikací zařadit do správného stupně korozní agresivity atmosféry podle ČSN ISO 9223: 1994 a to C4, korozní agresivita vysoká a speciální korozní prostředí, které mostní konstrukce vytvářejí. Pro informaci znalce je uvedena v textu Tabulka 17.

Tabulka 17 – Převodní tabulka korozní agresivity atmosféry dle ČSN ISO 9223:1994 a ČSN 03 8260 Změna 2:1994, lit. [93],[94],[95],[96]

Korozní agresivita atmosféry dle ČSN ISO 9223 (od roku 1994)		Korozní agresivita atmosféry dle ČSN 03 8260 Změna 2									Zatřídění mostů PK dle TKP kap.19 (2007)
Stupeň	Koroz. agresiv.	Stupeň	Koroz. agresiv.	Zatřídění mostů PK	Stupeň	Charakter. prostředí	Zatřídění mostů PK	Korozní agresivita	Charakteristika prostředí	Zatřídění mostů PK	
ČSN 03 8203: 1979					ČSN 03 8260: 1983			ČSN 03 8260 Změna 2: 1994			
C1	velmi nízká	1	velmi málo agresivní	✓	1a	vnitřní	✓	velmi nízká	venkovská	✓	-
					1b	vnitřní					
C2	nízká	2	málo agresivní	-	2a	vnitřní	-	nízká	městská	-	-
					2b	vnitřní			průmyslová		
C3	střední	3	středně agresivní	-	3a	vnitřní	-	střední	průmyslová nebo silně znečištěná	-	-
					3b	vnější					
					3c	vnitřní					
C4	vysoká	4	silně agresivní	-	4a	vnější	-	vysoká	-	-	✓ + speciální korozní prostředí
					4b	vnější					
					4c	vnitřní					
C5	velmi vysoká	5	velmi silně agresivní	-	5a	vnější	-	velmi vysoká	-	-	-
					5b	vnější					
					5c	vnitřní/vnější					
					5d	vnitřní/vnější					

Vliv umístění ocelové konstrukce do korozního prostředí měl být ověřen podle platného standardu VN 73 1466 Nosné konstrukce z patinujících ocelí ATMOFIX, na panelech s minimální dobou expozice 1 rok. Na základě zkušeností s prohlídkami ocelových mostních objektů v letech 2006 až 2007 bylo konstatováno, že toto ověření nebylo korozně dostatečné. Panel není prostorově složitý, není dynamicky namáhán ani zatížen dopravou, není zatížen údržbou, ani vlivy CH.R.L apod.

Ověření korozního prostředí pro nový návrh ocelové konstrukce

Ověření korozního prostředí pro nový návrh nechráněné ocelové mostní konstrukce musí zpracovatel NPO ověřit na provozované konstrukci podle následujících pokynů:

1. Provozovaná ocelová konstrukce musí mít tvar nově navrhované ocelové konstrukce (například volné I nosníky, ztužené pouze příčnickami, nikoliv příhradovým ztužením, nebo komorové nosníky apod.)
2. Provozovaná ocelová konstrukce musí být umístěna do prostředí, mající stejný charakter pozemní komunikace (dálnice, silnice I. třídy, podjezd, nadjezd), a současně musí být umístěna do shodného korozního prostředí přemostované překážky (vodní tok, křížení s pozemní komunikací nebo železnici apod.).

3. *Provozovaná ocelová mostní konstrukce musí mít stáří minimálně 10 let.*
4. *Provozovaná ocelová konstrukce musí být vyrobena ze shodné třídy jakosti oceli, jako nově navrhovaná ocelová konstrukce.*
5. *Musí být prokázáno, že se na posuzované konstrukci neprováděly žádné dodatečné povlaky PKO.*
6. *Musí být posouzena zimní údržba provozované komunikace na ocelové konstrukci.*
7. *Na provozované ocelové konstrukci musí být posouzeny veškeré vlivy speciálního korozního prostředí podle článku 1.2.2.3.*
8. *Tvorba ochranné vrstvy oceli musí být posouzena na stanovených místech podle článku 1.13.2 a 1.13.3.*

Vliv orientace ocelové konstrukce a úhel sklonu ocelového povrchu

Pro účely posouzení stávající a nově navržené ocelové konstrukce musí být vyhodnocen vliv umístění ocelového povrchu vůči světové straně a také vliv horizontálního a vertikálního umístění ploch. Výsledky experimentů prováděných v USA a v ČSSR v letech 1979 až 1982 deklarují, že orientace ocelové konstrukce na východ a na sever vykazuje o 50 % vyšší korozní ztráty než orientace na jih. Vliv horizontálního a vertikálního umístění ploch má také zásadní vliv na rozsah koroze. U horizontálních ploch je koroze vyšší o 30 – 50 % než u vertikálních ploch [1], [2]. Výsledky teoretických výzkumů je možno potvrdit vizuálními prohlídkami ocelových mostních konstrukcí, kdy dolní pásnice a horní pásnice, včetně přilehlých stěn, cca 250 mm u dolní pásnice korodují výrazně významněji, než střední části stěn. Tento jev souvisí s vysokou koncentrací solí a nečistot na horních plochách dolních pásnic, delší dobou ovlhčení a chybně provedenými detaily ocelových konstrukcí a svarů.

Plochy horních a dolních pásnic a stěn do výšky 250 mm od dolní pásnice musí být opatřeny PKO již v návrhu ocelové konstrukce.

Vliv klimatických srážek, včetně vlivu doby ovlhčení

Ocelová konstrukce musí být chráněna proti přímému stékání proudem vody po konstrukci. Pravidelné reálné cykly ovlhčení a vysychání povrchu oceli jsou na druhou stranu nutnou podmínkou pro vytvoření ochranné vrstvy. Na základě realizovaných prohlídek byl přímý vliv proudění dešťových srážek negativně hodnocen, s ohledem na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli (proud vody strhává ochranné vrstvy oceli).

Doba ovlhčení je normovou hodnotou podle ČSN EN ISO 12944-2 (ISO 9223) pro stanovení korozního prostředí. Nemá však reálný vztah ke skutečné době ovlhčení konstrukce, která je s ohledem na prostorový tvar konstrukce rozdílná po délce konstrukce. Kritická relativní vlhkost, která způsobuje kondenzaci na povrchu oceli, vzniká na konstrukci proměnlivě. Mostní konstrukce jsou tvarově složité, obsahují kouty, jsou umístěny nad komunikacemi, nad vodními toky, vítr a vzdušné proudy jsou směrově proměnlivé. Proto nelze cykly střídání vlhka a sucha pro žádnou mostní konstrukci jednoznačně stanovit. Kritická relativní vlhkost, která vytváří negativní korozi oceli závisí na několika dalších faktorech a to: na stavu oceli (mikrogeometrii), na tvaru ocelové konstrukce, na množství deponovaných koncentrací kontaminací na povrchu oceli, na znečištění atmosféry, na teplotě vzduchu, na množství a druhu vegetace (řasy, mechy) a na druhu fáze ochranné vrstvy oceli.

Vliv průmyslového znečištění

Vliv průmyslového znečištění na hodnotu korozních úbytků patinujících ocelí podle jednotlivých zemí je uveden v Grafu 3, v článku 1.2.1.2 této metodiky. Úroveň průmyslového znečištění není v současnosti rozhodující a bude rozhodovat v kombinacích s množstvím chloridů. Úroveň průmyslového znečištění atmosféry pro Českou republiku má od roku 2000 sestupnou tendenci. Podle zveřejněných údajů ČHMÚ je roční průměr denní koncentrace znečištění pro SO_2 do $20 \text{ mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, přičemž rozhodující vliv má koncentrace pro SO_2 nad $90 \text{ mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$.

V nadcházejícím období se očekává nárůst koncentrace NO_x (produkováno katalyzátory vznětových motorů). Pro návrh konstrukce musí být posouzen i tento vliv znečištění měřením po dobu 1 roku na komunikaci.

Vliv CH.R.L (chemické rozmrazovací látky)

V atmosféře, obklopující mostní konstrukce pozemních komunikací lze očekávat aerosoly s vyšším obsahem chloridových iontů, negativní vliv Cl⁻ se projevuje již při depoziční rychlosti chloridů větší jak $5 \text{ mg/m}^2/\text{den}$. V podmínkách České republiky je možné očekávat depozici chloridů (Cl⁻) v množství od 3–1 500 $\text{mg.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$, množství závisí na typu konstrukce a umístění v expozičním prostředí [77].

Efekt působení CH.R.L je třeba vyhodnotit u nově navržené/posuzované konstrukce pro všechny tyto případy:

1. působnost CH.R.L a solí ze zimního postřiku v případě nástřiku postřiku na ocelovou konstrukci (například u dolních mostovek, kdy hlavní nosníky plnostěnné nebo příhradové přesahují úroveň vozovky)
2. působnost CH.R.L a solí ze zimního postřiku, kdy je směs sněhu, ledu, vody smíchaná do roztoku nanášena koly vozidel na ocelovou konstrukci (rozstřík)
3. působnost solné mlhy, vzniklé z postřiku nebo průjezdu vozidel, která je nanášena na pojižděnou ocelovou konstrukci do vzdálenosti 15 m od zdroje (zóna dosahu vlivu CH.R.L podle ČSN EN ISO 12944-2). V případech městské atmosféry, po 7 letech umístění ocelového mostu do tohoto prostředí jsou nejvíce zasaženy krajní nosníky, které korodují na dolních a horních pásnicích a stěně do $\frac{1}{4}$ výšky rychlostí 75–100 $\mu\text{m}/\text{rok}$, v některých případech až 125–150 $\mu\text{m}/\text{rok}$.
4. působnost solné mlhy, vzniklé z postřiku nebo průjezdu vozidel, která je nanášena na ocelovou konstrukci v podjezdech (tzv.tunelový efekt) do vzdálenosti 15 m od zdroje (zóna dosahu vlivu CH.R.L podle ČSN EN ISO 12944-2). Uváděné hodnoty korozního úbytku jsou 75–100 $\mu\text{m}/\text{rok}$.
5. působnost CH.R.L a solí v místech zatékání přes vozovku a izolaci mostovky do oblastí spřahujících trnů železobetonových desek u ocelobetonových mostních konstrukcí. Vytváření koncentrovaných roztoků solí, které nevysychají. V těchto místech vznikají vrstevnaté korozní produkty a dá se očekávat výrazné korozní oslabení tloušťky profilu, viz Obrázek 16.

Z důvodu působení CH.R.L musí být prováděno u nechráněných ocelových konstrukcí čištění povrchů oceli vodou s detergentem po každém zimním období. V případě provedení PKO se údržba provádí podle pokynů uvedených v Příloze 19B.P5, Tabulka I kapitoly 19 B TKP Ocelové mosty a konstrukce.

V případech zatékání do prostor železobetonových desek u spřažených ocelobetonových konstrukcí mostů musí být zajištěno sledování vývoje výtoku korozních produktů a současně musí být zajištěna oprava zdroje koroze (izolace mostovky).

Negativní ovlivnění zimních postřiků CH.R.L. na chování patinující oceli bylo publikováno již v roce 1989. Podle výzkumů v USA a v Japonsku má tento vliv vyšší působnost, než vliv přímořského prostředí. Je to způsobeno vznikem agresivního elektrolytu, který vzniká z posypových solí po smíchání s vodou. Negativní chloridové ionty Cl⁻, jakmile se dostanou do styku s povrchem oceli, zvyšují negativní potenciál oceli a akcelerují korozi oceli. Současně soli na povrchu oceli absorbují vlhkost z atmosféry a zvyšují dobu ovlhčení povrchu oceli. Chloridové ionty Cl⁻ se aktivují při klimatických srážkách a nepotřebují se opakovaně dodávat. Výsledkem působení chloridových iontů Cl⁻ ze zimních postřiků je vytváření důlkové koroze na povrchu oceli. Ve štěrbinách, které nejsou chráněny proti vniku solí se vytváří štěrbinová koroze [1], [2].

Vliv vegetace na ocelovém povrchu

Vegetace má negativní vliv na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli a musí být vždy s povrchu ocelové konstrukce odstraněna.

Vliv výskytu vegetace na ocelovém povrchu je pochopitelným důsledkem chybějící údržby stávajících nechráněných ocelových konstrukcí. Dostatek vlhkosti na vodorovných plochách, přísun množství nečistot, prachu a vystavení přímému působení slunce a světla jsou ideálními podmínkami pro růst zelených řas a mechů, které se vyskytují na ocelových mostních objektech poměrně v hojném počtu.

Vliv hnízdícího ptactva a ptačího trusu

Vliv hnízdícího ptactva a následně výskyt ptačího trusu je zásadně negativním vlivem, působícím destrukčně na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli. Ptactvu je třeba zabránit vniku do mostních konstrukcí a následnému hnízdění. Ptačí trus musí být vždy důsledně odstraněn.

1.2.2 Prováděcí dokumentace

1.2.2.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů ocelové konstrukce

Realizační dokumentace stavby (dále RDS) je vypracována zhotovitelem stavby na základě zadávací dokumentace stavby. Slouží zhotoviteli pro vlastní realizaci stavby. Součástí RDS je výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce (dále dokumentace). Pro zpracování výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce platí v plném rozsahu kapitola 19 TKP. V RDS je zhotovitelem stavby pouze rozpracováno technické řešení tvaru konstrukce v detailech. Není přípustné, aby byla prováděna změna tvaru konstrukce, pokud není prokazatelně vhodnější, než řešení v zadávací dokumentaci stavby. Pokud dojde ke změně tvaru nebo spojů ocelové konstrukce, musí být současně posouzeno korozní prostředí.

1.2.2.2 Základní materiál, specifikace

Realizační dokumentace stavby (dále RDS) již vychází ze specifikací ZDS, jakost oceli je určena vzhledem ke koroznímu prostředí a údržbě komunikace, podrobně viz článek 1.2.1.2.

1.2.2.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí

Realizační dokumentace stavby (dále RDS) vychází ze specifikace korozního prostředí, které bylo předpokládáno v ZDS. V případě, že došlo mezi zpracováním ZDS a RDS k prodlevě delší než 2 roky, musí být korozní prostředí na místě stavby ověřeno, zda nedošlo ke změně zejména znečištění, výstavbou zdrojů znečištění apod.

Pro přesnou specifikaci stupňů a kategorií speciálního korozního namáhání slouží Tabulka 18 a Tabulka 19 této metodiky.

Podle Tabulky 18 se nejprve určí stupně speciálního korozního namáhání určeného tvaru ocelové konstrukce a následně se podle Tabulky 19 stanoví kombinace těchto stupňů. Pokud bude zjištěno, že došlo v rámci vypracování RDS ke změně korozního zatížení konstrukce, musí být současně posouzeno, zda s ohledem na životnost konstrukce není třeba doplnit povrch oceli povlakem PKO.

Tabulka 18 – Stupně speciálního korozního namáhání, lit. [99][102]

Stupně speciálního korozního namáhání	Popis stupně speciálního korozního namáhání v České republice
S1	působení chemických rozmrazovacích látek (CH.R.L.)
S2	kondenzace vody zejména na stěnách a dolních pásnicích konstrukcí
S3	shromažďování kondenzované vody na horních plochách dolních pásnic a v místech spojů s výztuhami nebo příčnickami, zahánění spadu
S4	stojící voda z dešťových srážek
S5	vliv mechanického poškození konstrukcí vlivem dopravy (kamínky, láhve apod.)
S6	zatékání do konstrukce vlivem poškození izolace mostu
S7	plísně, houby
S8	stékání vody po ocelové konstrukci vlivem dešťových srážek
S9	ptačí trus
S10	spad z vegetace
S11	nafta, oleje z nákladních vozidel
S12	shromažďování prachu a nečistot z ovzduší a dopravy
S13	extrémní teplotní rozdíly (osluněná strana, ochlazovaná strana od vodních toků)
S14	zatékání do mostních konstrukcí v oblasti mostních závěrů a říms, prostupů odvodňovačů
S15	přítomnost organických látek, z rozkladu živých organismů
S16	netěsnost svarů (v případě, že není zabráněno přístupu vzduchu projevy plísní a kondenzace),
S17	zatékání do konstrukce vlivem dalších netěsností
S18	mechanické poškozování konstrukcí mostních závěrů (lamel) přejezdy vozidel
S19	mechanické rázy z výtluků ve vozovce
S20	působení organických látek z půdy
S21	rostoucí vegetace
S22	bimetalická koroze
S23	rozstřík solné mlhy a chloridových roztoků od silničních vozidel
S24	sněhové a ledové valy kolem konstrukcí v zimním období
S25	zatékání do spar říms
S26	ztráta pasivační funkce betonu snížením pH faktoru
S27	zatékáním zálivkami kotev
S28	zadržování vody v oblasti kotvení
Poznámka: Stupně speciálního korozního namáhání S1 – S28 definují kategorie speciálního korozního namáhání K1 – K11, které jsou uvedeny v Tabulce 2. Stupně a kategorie speciálního korozního namáhání byly definovány na základě provedených prohlídek ocelových konstrukcí pozemních komunikací a platí pouze pro Českou republiku.	

Tabulka 19 – Kategorie speciálního korozního namáhání, lit. [99][102]

1		2																											
Kategorie speciálního korozního namáhání		Stupně speciálního korozního namáhání v České republice, podle Tabulky 1																											
K1		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S5	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28
K2			✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓				✓	
K3																	✓												
K4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
K5	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓					✓	✓	✓	✓			
K6	✓	✓						✓				✓					✓				✓	✓	✓						
K7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓			✓	✓	✓						
K8	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
K9	✓	✓					✓																			✓	✓	✓	✓
K10	✓	✓		✓					✓	✓	✓	✓	✓					✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
K11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Poznámka: 1. Stupně speciálního korozního namáhání byly vytvořeny na základě prohlídek ocelových konstrukcí, a platí pouze pro ČR, popis stupňů je uveden v Tabulce 18.
2. Označení ✓ znamená platnost pro kombinace S1 až S28 při určení kategorie K1 až K11.

1.2.2.4 Technologické předpisy výroby, montáže, protikorozi ochrany

Na základě schválené ZDS zajistí zhotovitel stavby vypracování realizační dokumentace stavby (RDS). Součástí RDS je výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce (dále dokumentace). Pro zpracování výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce platí v plném rozsahu kapitola 19 TKP [102].

Součástí výrobní dokumentace (technologického předpisu výroby) je Specifikace prací PKO (TePř PKO), vypracovaná podle TKP kapitola 19 v případě, že se jedná o ocelovou konstrukci s povlakem PKO. V případě, že se jedná o nechráněnou ocelovou konstrukci, do technologického předpisu výroby bude uvedena v plném znění Projektová specifikace NPO vypracovaná podle Tabulky 16 článek 1.2.1.3. Specifikace prací PKO se v tomto případě nerozpracovává. Pokyny uvedené v Projektové specifikaci NPO se naopak rozpracují do výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce.

Výrobní a montážní dokumentace ocelové konstrukce musí být předložena v celém požadovaném rozsahu objednateli, v dostatečném předstihu před zahájením prací a musí být schválena. Bez schválené dokumentace zhotovitele nemůže být zahájena výroba ani montáž ocelové konstrukce.

Specifikace prací PKO (TePř PKO)

Zhotovitel PKO vypracuje na základě existující projektové specifikace PKO ze ZDS a všech požadavků v nich uvedených Specifikaci prací PKO (TePř PKO). Jedná se v zásadě o rozpracovanou technologii aplikace povlaku, specifikace plně nahrazuje Technologické postupy prací PKO (TKP kapitola 1 uvádí jako TePř), názvosloví je v souladu s ČSN EN ISO 12 944-8. TePř PKO ocelových konstrukcí z patinující oceli je vypracován vždy, a to v rozsahu podle článku 19.B.3.1 kapitoly 19 B TKP [102].

Systémy PKO – ochranné povlaky, volitelnost, životnost

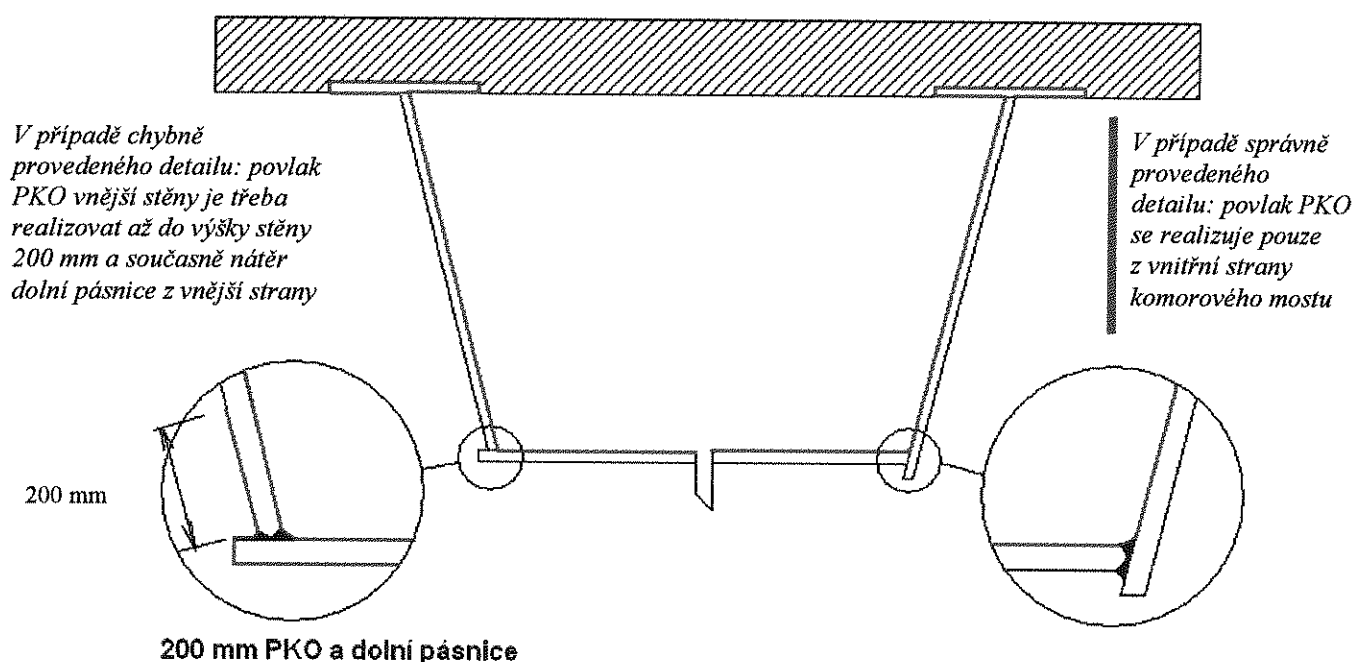
Na základě zjištěného rozsáhlého korozičního poškození provozovaných ocelových mostních konstrukcí, vyrobených z patinující oceli v České republice, je nutno u mostních konstrukcí realizovat počáteční povlakovou PKO, z důvodu požadavku na životnost mostních objektů. Ta musí splňovat podmínku 100 let. Pro provedení dilenského (počátečního) systému PKO nebo pro dodatečný systém PKO na zabudované konstrukci platí podmínky uvedené v kapitole 19 B TKP. Systémy PKO pro konstrukce z patinující oceli musí být navrženy a provedeny podle TKP kapitola 19 [102].

V místě ukončení povlaku PKO na ocelové konstrukci musí být zajištěno, aby stékající voda s korozními produkty nekontaminovala povlak PKO. Jednotlivé detaily řešení musí být uvedeny v Projektové specifikaci PKO. Následující Obrázky 20, 21a 22 uvádějí, kde je třeba počáteční povlak PKO na nových konstrukcích realizovat.

Pro životnost povlaků PKO a jejich údržbu platí údaje uvedené v TKP kapitole 19.

Na mostních objektech bude provedena dilensky PKO vždy minimálně v místech ocelové konstrukce podle Obrázku 20, 21 a 22:

- u komorových mostních konstrukcí veškeré vnitřní plochy-Obrázek 22
- v případě chybně navržených a provedených detailů komorové mostní konstrukce na přesahu dolní pásnice shora do výšky stěny minimálně 100 mm a na celé dolní pásnici-Obrázek 22
- v případě nevhodně navržené konstrukce I nosníků na dolní pásnici a stěně do výšky 400 mm, vnitřní ztužení mezi nosníky v celé ploše- Obrázek 20
- pod mostními závěry, včetně mostních ložisek na opěrách i pilířích 5 m veškerých vnějších ploch od konce ocelové konstrukce- Obrázek 21
- spřahovací prvky včetně horní pásnice v případě spřažených ocelobetonových konstrukcí- Obrázek 22



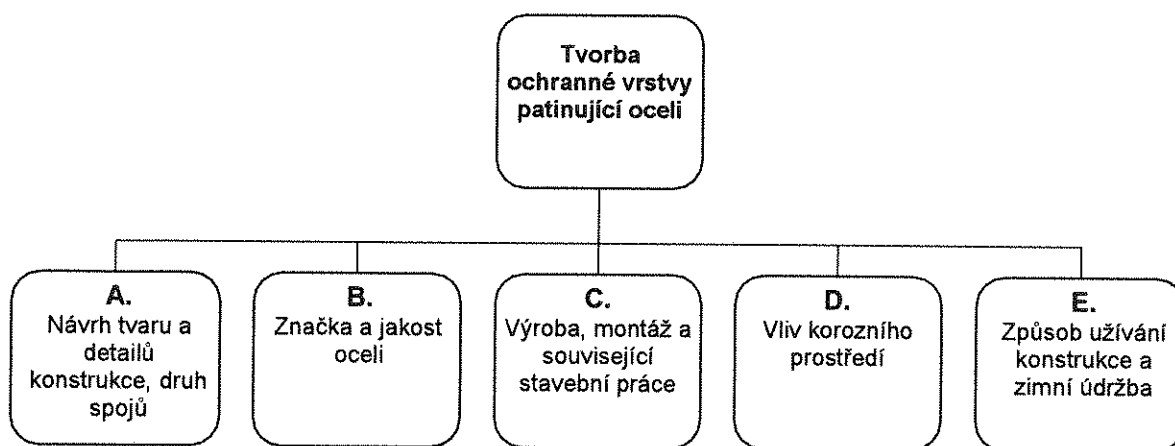
Obrázek 22 – Detaily dilenského (počátečního) provedení PKO u komorových konstrukcí mostních objektů[2], [67], [68]

Na mostních objektech je PKO provedena dodatečně, po vyhodnocení tvorby ochranné vrstvy na základě hlavní prohlídky mostu před skončením záruční doby (po 10-ti letech zabudování ocelové konstrukce), vždy v místech, která nemají schopnost vytvářet ochrannou vrstvu patinující oceli, nebo kde došlo k většímu koroznímu úbytku, než se předpokládalo podle těchto TP a v místech korozních úbytků svarů.

V případě stávajících mostních konstrukcí se musí postupovat v souladu s výše uvedenými postupy s tím rozdílem, že jestliže je OK starší než 10 let, provede se posouzení v rámci mimořádné hlavní prohlídky, v případě mladší konstrukce než 10 let se posouzení provede v rámci hlavní prohlídky mostu, v souladu s článkem 1.11.

1.2.2.5 Metodika posuzování konstrukce, metodika měření korozního oslabení konstrukce

Na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli mají zásadní vliv činitelé podle Obrázku 23.



Obrázek 23 – Vliv jednotlivých činitelů na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli

A. Návrh tvaru a detailů ocelové konstrukce

Návrh tvaru a detailů konstrukce, včetně spojů na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli je řešen v článku 1.2.1.1. Ocelové konstrukce jsou ve velké většině navrhovány jako tvarově složité konstrukce. Vyžadují výztuhy stěn, šroubové a svarové spoje. Konstrukce jsou umísťovány do horského prostředí, nad vodoteče, do lesů, často se vytváří kondenzáty vody na konstrukci a následné stékání kondenzát. V případě mostů pozemních komunikací jsou mosty vystaveny vlivu CH.R.L (chemické rozmrazovací látky), které vytvářejí koncentrované roztoky v místech, která nejsou dostatečně proti těmto vlivům chráněna. Mostní objekty jsou také ideálním hnízdištěm pro ptactvo. Vliv dynamických účinků na mostních objektech pozemních komunikací je zřejmý, i když více výrazný je u železničních mostů. Dynamické účinky na mostní konstrukce způsobují vibrace konstrukce, které ve svém důsledku zhoršují přilnavost struktur sloučenin železa na povrchu oceli. Tím je ztížena a zpomalena tvorba dalších struktur, které se postupně na povrchu oceli vyvíjejí, a které vytvářejí ochrannou vrstvu. Tyto účinky můžeme pozorovat na každém mostním objektu, kde nacházíme v částech konstrukcí u výztuh velké množství prachových částic [77].

B. Značka a jakost oceli

Základním předpokladem pro vytvoření ochranné vrstvy patinující oceli je vhodné zvolení značky oceli. Schopnost oceli vytvořit ochrannou vrstvu určuje korozní index I podle ASTM G 101 – 04, z roku 2004, na základě výpočtu chemického složení oceli. Výsledky výpočtu jednotlivých hodnot korozního indexu I podle rozdílných značek a jakostí oceli jsou uvedeny v článku 1.2.1.2. Základním požadavkem je dosažení minimální hodnoty korozního indexu $I > 6$. Potom existuje předpoklad, že ocel je schopna vytvořit ochrannou vrstvu. Korozní index není možné využít pro atmosféru s vlivem chloridů a s vlivem velkého průmyslového znečištění.

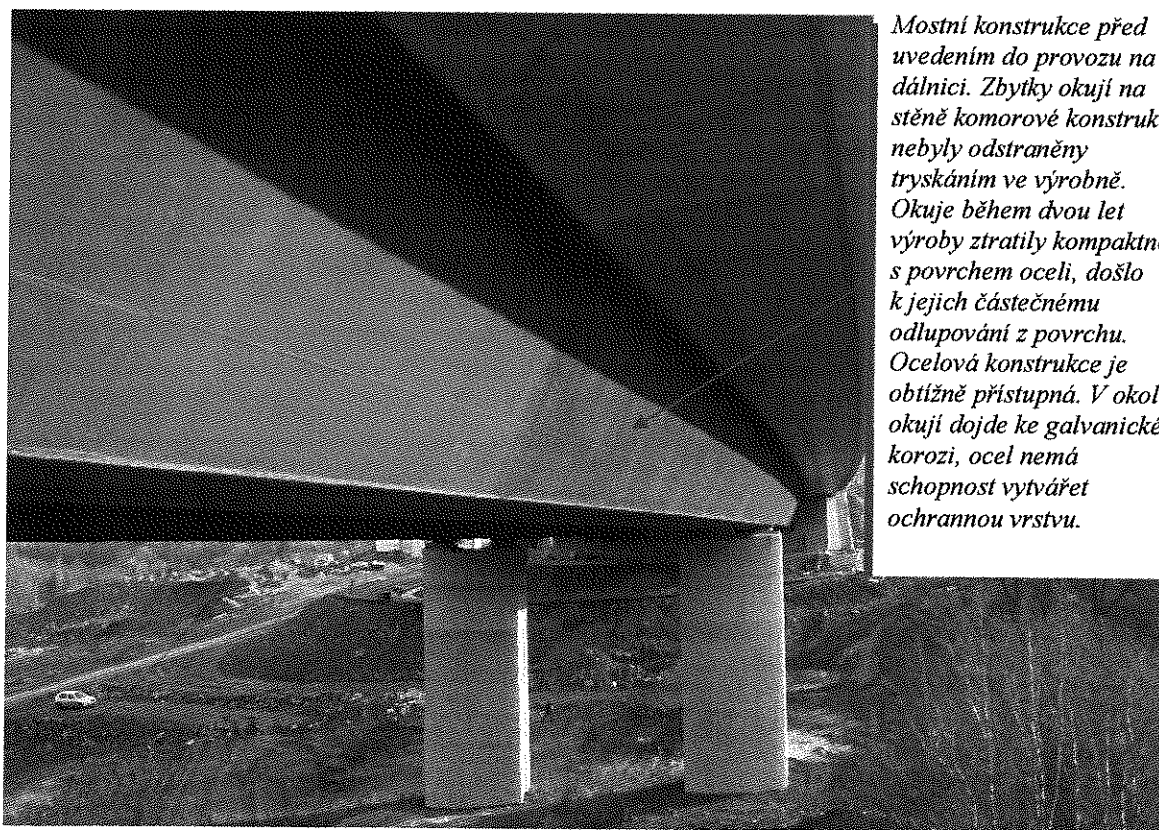
C. Výroba, montáž a související stavební práce

Výroba ocelových konstrukcí

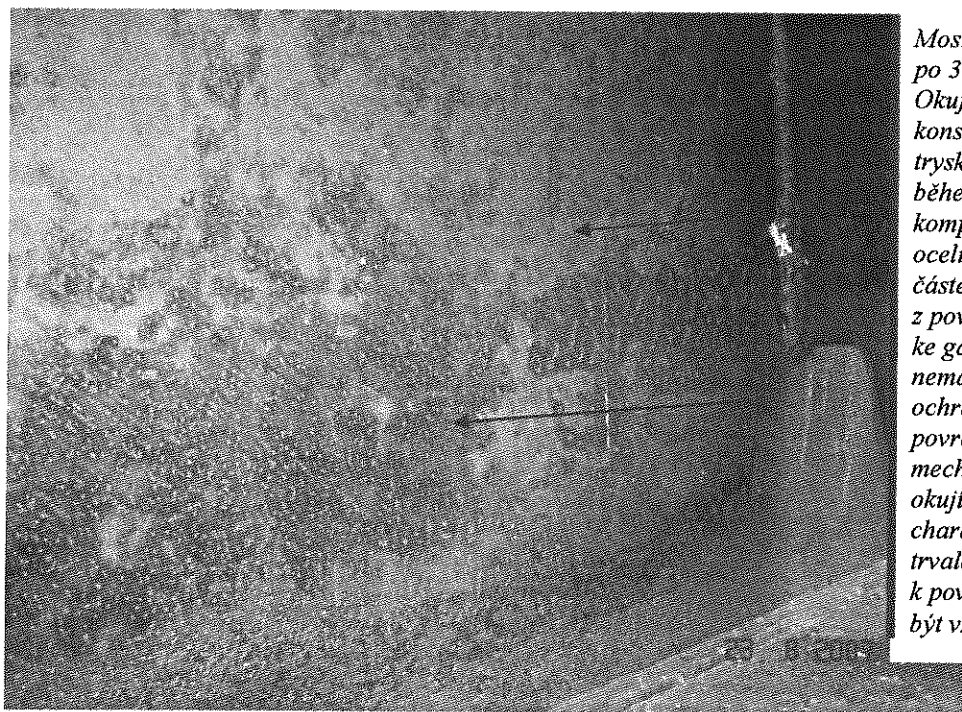
Výroba ocelové konstrukce se provádí na základě schválené výrobní dokumentace, specifikované v článku 19.A.1.4. 1 kapitoly TKP 19 A (technologická dokumentace a výrobní výkresy). Do výrobní dokumentace musí být zapracovány požadavky Projektové specifikace NO v případě nechráněné ocelové konstrukce, v případě následně prováděné PKO musí být zapracovány požadavky Projektové specifikace PKO.

V rámci výroby ocelové konstrukce musí být vždy odstraněny okuje z povrchu oceli. Okuje mohou být a často jsou příčinou vzniku galvanické koroze, viz Obrázek 24, 25 a Obrázek 26. Pro výrobu ocelové konstrukce platí článek 19.A.3.1 kapitoly 19 A TKP.

Ve svarových spojích musí být vyloučeny kombinace různých druhů přídavných materiálů (pro konstrukční uhlíkové a patinující oceli) z důvodu vzniku koroze svarů během životnosti ocelové konstrukce. Dále musí být vyloučeno použití nevhodného přídavného materiálu pro svařování nebo jeho případná záměna během výroby nebo montáže. Nosné svary hlavních nosných částí mostní konstrukce musí být pro ocelové konstrukce v nechráněném stavu navrženy a realizovány pouze jako tupé s plným průvarem, jakost B⁺ podle kapitoly 19 A TKP. Veškeré tupé svary musí být zabroušeny. Na povrchu zabroušených svarů nesmí být zjištěny žádné vizuální vady typu vrubů, zápalů nebo pórů. V žádném místě svaru nebo v oblasti okolí svaru se nesmí zdržovat voda.

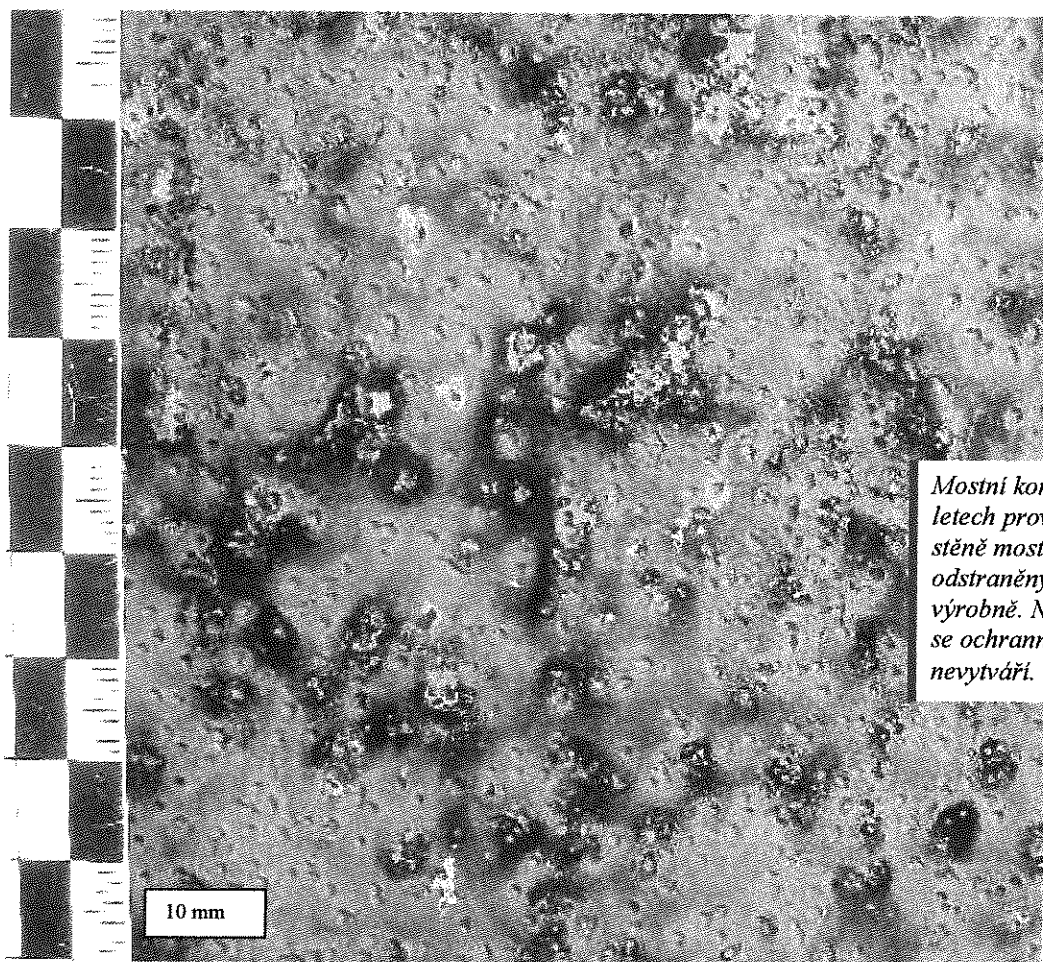


Obrázek 24 - Ponechané okuje na ocelové mostní konstrukci, uvedené do provozu koncem roku 2006, dálniční most[1], [2], [77]



Mostní konstrukce s okujemi po 30-ti letech provozu. Okuje na stěně mostní konstrukce nebyly odstraněny tryskáním ve výrobě. Okuje během let ztratily kompaktnost s povrchem oceli, došlo k jejich částečnému odlupování z povrchu. V okolí okují došlo ke galvanické korozi, ocel nemá schopnost vytvářet ochrannou vrstvu. Výsledný povrch oceli po úplném mechanickém odstranění okují má výrazně nerovný charakter. Okuje nemohou trvale přilnout v celé ploše k povrchu oceli, proto musí být vždy otryskány.

Obrázek 25 - Výsledek vlivu okují na stěně ocelové mostní konstrukce po 30-ti letech



Mostní konstrukce po 30-ti letech provozu. Okuje na stěně mostu nebyly odstraněny tryskáním ve výrobě. Na povrchu oceli se ochranná vrstva nevytváří.

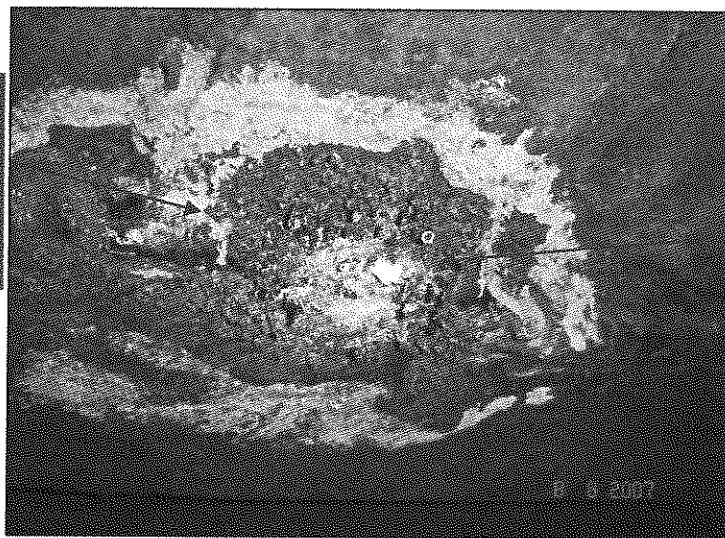
Obrázek 26 - Detail vlivu okují na stěně mostní konstrukce po 30-ti letech

Koutové svary musí být navrhovány a realizovány pouze pro spoje mimo hlavní nosné části, a to s přídavkem tloušťky položky 2 mm. Pro ocelové konstrukce, které se opatřují následně PKO platí jakost svarů podle kapitoly 19 A TKP [102].

V případě svarů mostovkových plechů musí být kontrolována těsnost svarů ve výrobně po celé délce svarů, a to nedestruktivními metodami penetračními (PT) a nebo magnetickými (MT). Zkoušky musí být předepsány v prováděcí dokumentaci VD, V souladu s TKP kapitolou 19 [102].

Svary mostovkových plechů, s ohledem na zjištěnou častou netěsnost svarů podložených ocelovými podložkami, musí být navrhovány a prováděny jako tupé svary s plným průvarem, aby bylo možné nedestruktivními kontrolami zjistit jejich jakost. V případě svarů mostních objektů s ocelovou podložkou je kontrola obtížná. Životnost těchto svarů musí splnit podmínku 100 let i v případě, že je nefunkční izolace mostovky. Výsledek netěsných svarů mostovkových plechů je na Obrázku 27. Ocelová konstrukce ve výrobně musí být uložena na rošty, po skončení výroby musí být odstraněny popisy, nečistoty, zbytky olejů, mastnoty či jiného znečištění. Čištění se provádí místním odmaštěním, a následně celoplošným omytím vodou teploty minimálně 20 °C s detergentem.

Neúspěšná, nedávná oprava svaru, svarová housenka je dosud ocelově lesklá, místo výtoku je aktivní a vlhké.



Mostní konstrukce po 16-ti letech provozu. Nefunkční izolace mostovky a chybně provedený svar způsobují zatékání do komorové konstrukce mostu. Jak je zřejmé, svar byl neúspěšně opravován

Obrázek 27 - Výsledek působení CH.R.L v případě nefunkční izolace mostovky a při následném průtoku netěsným svařem mostovkového plechu.

Nedestruktivní metody kontroly svarů

Nedestruktivní kontroly svarových ploch a svarů musí být realizovány podle článku 19.A.3.1.9, 19.A.3.1.10 a článku 19.A.5.1.3 kapitoly 19 A TKP. Metodika NDT kontrol je uvedena v Příloze 19A.P4 kapitoly 19 A TKP [102]. Nedestruktivní kontroly svarů se provádí po konečné úpravě svarů, tedy po broušení povrchu svaru. Po ukončení NDT kontrol svarů a svarových ploch bude provedeno čištění svarů od použitých zkušebních prostředků.

Dílenská montáž

Při výrobě ocelových mostních konstrukcí se provádí dílenská montáž, sloužící k ověření prostorové geometrie ocelové konstrukce a k ověření sestavení montážních styků, pokud objednatel v ZDS nestanoví jinak. Velikosti sestav stanoví ZDS, ve výrobní dokumentaci je sestava rozkreslena, včetně počtu dílenských přejímk.

Tvar nadvýšení dílců může být kontrolován ve sklopené poloze, na roštu. Dílenská montáž ocelových konstrukcí se realizuje podle článku 19.A.3.2 kapitoly 19 A TKP [102].

Technologické postupy prací při provádění PKO

V případě částečně nebo celoplošně prováděné PKO platí požadavky podle článku 19.B.3 kapitoly 19 B TKP [102].

Přeprava a skladování ocelových konstrukcí

Pro dopravu materiálu na stavbu musí být dodrženy podmínky pro jeho manipulaci tak, aby nedošlo k poškození konstrukcí, označení výrobků a materiálů, znehodnocení obsahu nebo k poškození nebo k záměně materiálů. Zhotovitel odpovídá za správnou manipulaci s materiálem v tomto rozsahu. Po kladném výsledku dílenské přejímky ocelové konstrukce, provedené u určených dílců ocelových konstrukcí a výrobků podle Tabulky 20 kapitoly 19 A TKP, po případném provedení PKO a udělení písemného souhlasu s expedicí na stavbu objednatelem jsou dílce dopravovány na staveniště. Při nakládání, přepravě a vykládání musí být dodrženy podmínky tak, aby nedošlo k jejich deformaci a poškození PKO. U mostních dílců jsou pro manipulaci přímo určena ve výrobní dokumentaci manipulační oka a úchyty. Skladování materiálu, výrobků a dílců se realizuje na staveništi za podmínek podle článku 19 A.4.2 kapitoly 19 A TKP a podle článku 19.B.4.1 kapitoly 19 B TKP [102].

Při skladování mostních dílců na volném prostoru staveniště musí být dílce uloženy tak, aby spodní hrana dílců byla minimálně 300 mm od úrovně terénu, musí být použity prokládací vložky tak, aby nedocházelo ke kontaktu mezi díly. Na dílcích nebo částech konstrukcí se nesmí zdržovat voda, led nebo sníh a konstrukce musí být uloženy ve spádu minimálně 2 %. Dílce se ukládají na zpevněné plochy, nikoliv na rostlý terén. Jestliže se použijí dřevěné vložky, musí být obaleny plastovou fólií [102].

Montáž ocelových konstrukcí

Montáž ocelové konstrukce se provádí na základě schválené montážní dokumentace, specifikované v článku 19.A.1.4.2 kapitoly TKP 19 A (návrh montáže, technologická dokumentace, základní údaje o rozměrech a jakosti montážních svarů jsou uvedeny ve výrobní dokumentaci). Do technologické dokumentace musí být zapracovány požadavky Projektové specifikace NPO v případě nechráněné ocelové konstrukce, v případě následně prováděné PKO musí být zapracovány požadavky Projektové specifikace PKO. Montáž ocelových konstrukcí se realizuje podle článku 19.A.3.3 kapitoly 19 A TKP. Musí být zajištěna ochranná opatření před účinky bludných elektrických proudů a ochrana před přepětím podle článku 19.A.3.4 a 19.A.3.5 kapitoly 19 A TKP [102].

Ve svarových montážních spojích musí být vyloučeny kombinace různých druhů přídavných materiálů (pro konstrukční uhlíkové a patinující oceli) z důvodu vzniku koroze svarů během životnosti ocelové konstrukce. Dále musí být vyloučeno použití nevhodného přídavného materiálu pro svařování nebo jeho případná záměna během výroby nebo montáže. Nosné montážní svary hlavních nosných částí mostní konstrukce musí být pro ocelové konstrukce v nechráněném stavu navrženy a realizovány pouze jako tupé s plným průvarem, jakost B⁺ podle kapitoly 19 A TKP. Veškeré tupé svary musí být zabroušeny. Na povrchu zabroušených svarů nesmí být zjištěny žádné vizuální vady typu vrubů nebo porů. V žádném místě svaru nebo v oblasti okolí svaru se nesmí zdržovat voda.

Koutové montážní svary budou navrhovány a realizovány pouze pro spoje mimo hlavní nosné části, a to s přídatkem tloušťky 2 mm.

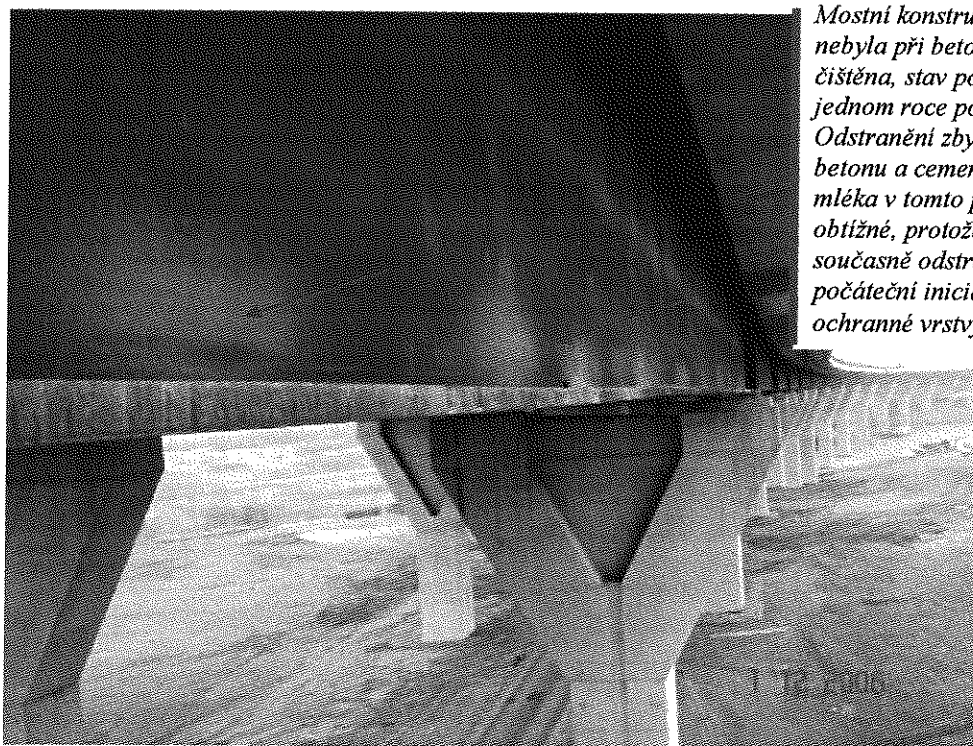
Pro ocelové konstrukce, které se opatřují následně PKO platí jakost svarů podle kapitoly 19 A TKP. V případě montážních svarů mostovkových plechů musí být kontrolována těsnost svarů na montáži po celé délce svarů, a to nedestruktivními metodami penetračními a nebo magnetickými PT a MT. Výsledek netěsných svarů mostovkových plechů je na Obrázku 20.

Nedestruktivní metody kontroly svarů

Nedestruktivní kontroly montážních svarů se realizují podle článku 19.A.5.1.3 kapitoly 19 A TKP. Metodika NDT kontrol je uvedena v Příloze 19A.P4 kapitoly 19 A TKP. Nedestruktivní kontroly svarů se provádí po konečné úpravě svarů, tedy po broušení povrchu svaru. Po ukončení NDT kontrol svarů a svarových ploch bude provedeno čištění svarů od použitých zkušebních prostředků.

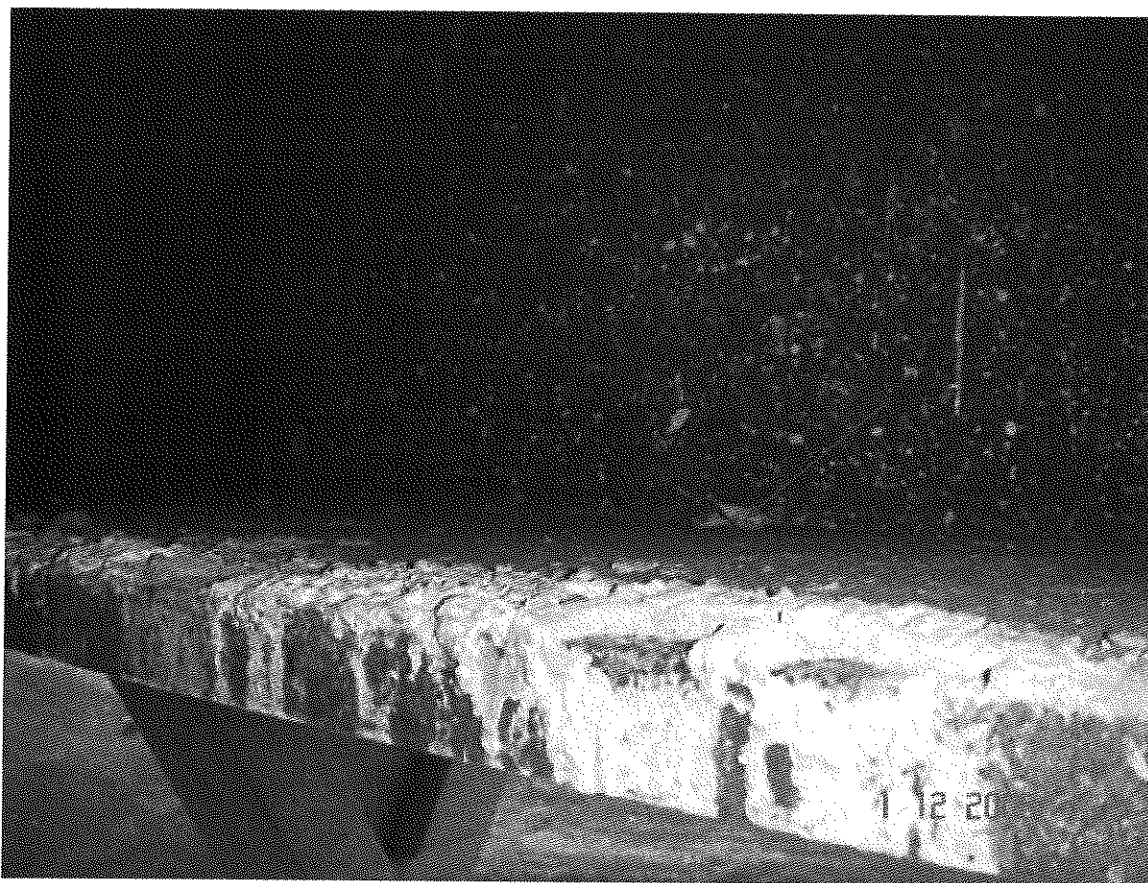
Kvalita návazných stavebních činností

Po skončení montáže, po osazení ocelové konstrukce, po osazení mostní konstrukce na ložiska, po montáži mostních závěrů, betonáži mostních říms, po provedení vozovek a po skončení veškerých souvisejících stavebních pracích, v případě nechráněné ocelové konstrukce, je třeba aktivovat ochrannou vrstvu patinující oceli [2], [67], [68]. Konstrukce se musí odmastit, místně očistit od znečištění stavbou, v případě znečištění betonem tryskat. Následuje celoplošné omytí vodou teploty minimálně 20 °C s detergentem. Odpad je třeba zachycovat a ekologicky likvidovat. V žádném místě ocelové konstrukce nesmí být zjištěno znečištění, zcela se vylučuje výskyt okují. V případě výskytu okují, musí být okuje otryskány před celoplošným omytím vodou. Příklad znečištění ocelové mostní konstrukce v době uvedení do provozu na stavbě dálnice je na Obrázku 28 a na Obrázku 29.



Mostní konstrukce nebyla při betonáži čištěna, stav po více jak jednom roce po betonáži. Odstranění zbytků betonu a cementového mléka v tomto případě je obtížné, protože se současně odstraní i počáteční iniciace ochranné vrstvy oceli.

Obrázek 28 - Dokumentace celoplošného stavebního znečištění po betonáži železobetonové desky



Obrázek 29 - Detail dokumentace celoplošného stavebního znečištění po betonáži železobetonové desky, ocelová mostní konstrukce uvedená do provozu koncem roku 2006. Stav při 1.hlavní prohlídce mostu.

V případě ocelové konstrukce s částečnou nebo úplnou PKO se konstrukce opatří předepsanou protikorozi ochranou, stanovenou pro provedení na montáži.

Funkce a působnost stavu mostních závěrů

Základním požadavkem na mostní závěr z pohledu vyvozených účinků na ocelovou mostní konstrukci nebo lávku je požadavek zajištění vodotěsnosti mostního závěru. V případě, že není mostní závěr vodotěsný, dochází k zatékání na mostní objekt a na povrch oceli, která není chráněna proti vlivu chloridových solí. Ochranná vrstva patinující oceli není schopna vytvářet ochranu proti vlivu vysoce agresivních vodných roztoků, které se vytvářejí na pozemní komunikaci. Těsnost mostních závěrů je předmětem kontroly při hlavní prohlídce mostu. V prostoru mostních závěrů u opěr bude provedena PKO ve vzdálenosti 5 m od konce nosné konstrukce nebo v případě pilířů ve vzdálenosti 5 m na obě strany od osy ložiska, podle Obrázku 21. Kontrola provedení PKO u nechráněné ocelové konstrukce z patinující oceli je předmětem montážní prohlídky a hlavní prohlídky mostu podle TKP 19 B [102].

Ocelová konstrukce musí být v prostoru mostního závěru očištěna od mastnoty, zbytků izolace, betonu, cementového mléka a dalšího stavebního znečištění [2], [67], [68]. Kontrola provedení očištění nechráněné ocelové konstrukce z patinující oceli je předmětem montážní prohlídky a hlavní prohlídky mostu.

Funkce a působnost stavu mostních ložisek

Mostní ložiska jsou vždy k ocelové mostní konstrukci přišroubována. Způsob provedení a tmelení spar musí odpovídat požadavkům kapitoly 19 B TKP[99]. Klinové desky jsou vždy přivařeny. Po skončení montáže se stanovená plocha konstrukce včetně mostních ložisek v souladu s Obrázkem 21 opatří povlakem PKO. Teprve poté se provádí tmelení spar vhodným tmelem. Povlakový systém PKO a tmel musí být zkoušen v systému dle požadavků článku 19.B.4.3 kapitoly 19 B TKP[99].

Ocelová konstrukce musí být v prostoru mostních ložisek očištěna od mastnoty, zbytků izolace, betou, cementového mléka a dalšího stavebního znečištění. Kontrola provedení očištění nechráněné ocelové konstrukce z patinující oceli je předmětem montážní prohlídky a hlavní prohlídky mostu.

Funkce a působnost stavu izolace mostovky

Bezchybný, funkční stav izolace mostovky je základní nutností pro vytvoření ochranné vrstvy patinující oceli. Těsnost izolace musí být kontrolována v celé její ploše ze strany ocelové konstrukce během hlavní prohlídky mostu. Ke správné funkci izolace mostovky patří kromě těsnosti izolace, odvodňovačů izolace, také správná funkce mostních odvodňovačů a těsnost odvodňovacích systémů a svodů. V rámci hlavní prohlídky mostu jsou kontrolovány veškeré spoje a prostupy každou částí mostní konstrukce.

D. Vliv korozního prostředí

Vliv korozního prostředí a jeho rozbor je řešen v článku 1.2.1.3 a 1.2.2.3.

E. Způsob užívání konstrukce a zimní údržba

Pro zajištění tvorby ochranné vrstvy patinující oceli musí být zajištěny podmínky údržby, zejména z důvodu vlivu CH.R.L [2]. Z tohoto důvodu je třeba:

- po každém zimním období provádět omytí ocelové konstrukce vodou pro odstranění vlivu CH.R.L. Současně je třeba odstranit nečistoty, listí, spad na vodorovných plochách pásnic, v koutech a výztuhách*
- pravidelně 1x ročně provádět v rámci běžných prohlídek vyhodnocení stavu netěsných mostních závěrů, netěsných odvodňovačů, netěsných izolací, posouzení stavu mostních říms a potrubí odvodnění*
- pravidelně vyhodnocovat tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli*
- v případě důlkového korozního napadení oceli (hloubky > 1 mm) na povrchu oceli nebo dosažení nepřijatelného stupně koroze je třeba doplnit PKO ve stanovených plochách ocelové konstrukce*
- v případě dodatečného zjištění zbytkových okují, které nebyly odstraněny ve výrobně ocelové konstrukce nebo jiného znečištění na povrchu oceli, musí být povrch oceli otryskán, nikoliv mechanicky očištěn*
- v případě dilensky provedené PKO je třeba pravidelně kontrolovat její stav, podle kapitoly 19 B TKP.*

Pro zajištění přístupu k ocelové konstrukci musí být ocelové mostní objekty vybaveny revizními lávkami tak, aby bylo možné údržbu a prohlídky konstrukcí provádět. Způsob provádění prohlídek ocelových konstrukcí z patinující oceli, provádění záznamů a vyhodnocení stavu koroze řeší článek 1.11 této metodiky.

Metodika posuzování chování konstrukce

Pro vyhodnocení chování ocelové konstrukce a tvorby aktivní ochranné vrstvy oceli se používají tyto způsoby:

1. vizuální posouzení konstrukce podle etalonu korozního poškození oceli a svarů, podle Tabulky 20 a Tabulky 21. Metodika je originálně řešena v této disertační práci. Etalon korozního poškození oceli a svarů byl sestaven na základě realizovaných prohlídek ocelových konstrukcí stáří 13 až 32 let v atmosférických podmínkách ČR a v podmínkách údržby mostů pozemních komunikací. Výsledek korozního poškození oceli na mostních konstrukcích je vytvořen vlivem atmosférických podmínek ČR, vlivem zimní údržby a podle pokynů výrobce oceli, zrušenou údržbou na mostních objektech (absence čištění, vliv zatékání, vliv chemického složení CH.R.L apod.).

2. vizuální posouzení podle Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli, podle Přílohy J, je originálně řešeno v této disertační práci

3. měření tloušťky korozního oslabení ocelové konstrukce, metodika je originálně řešena v této disertační práci

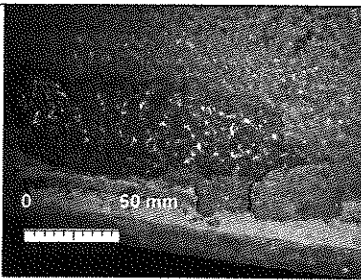
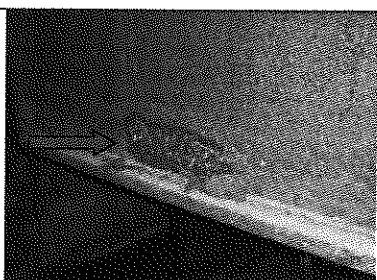
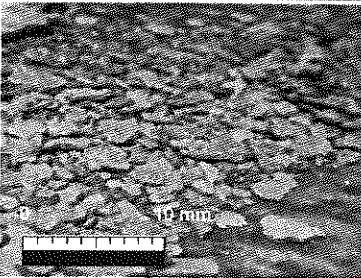
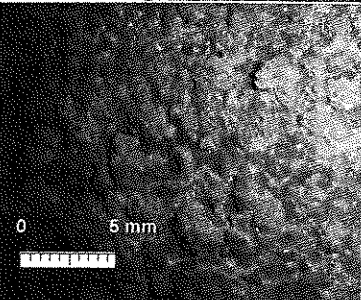
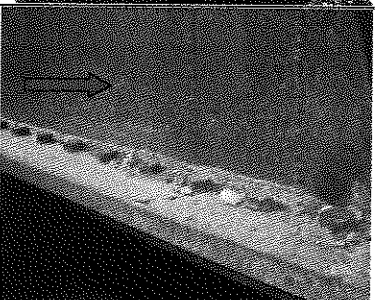
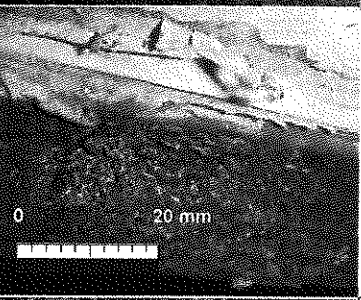
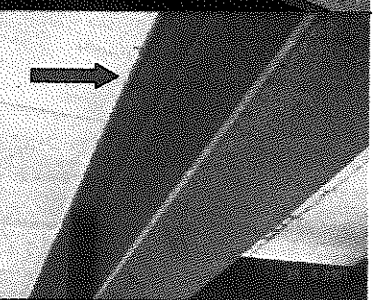
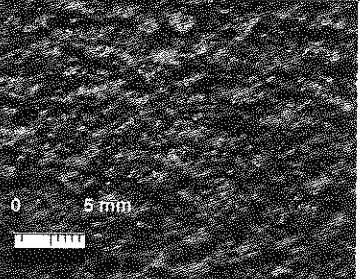
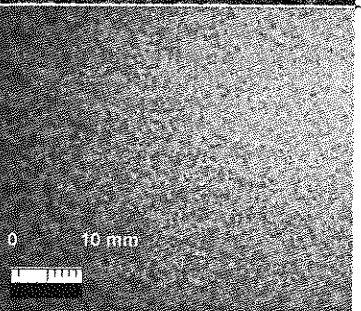
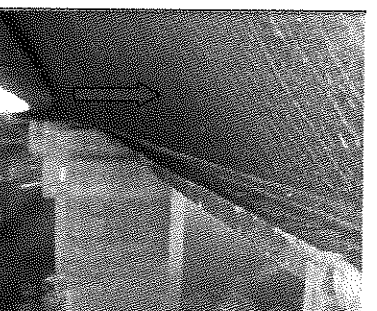
Kromě popsané metodiky existují i další metody, které nejsou v České republice ověřeny, a to:

- 1. stanovení „PAI indexu“ (protective ability index) – údaj, získaný výpočtem podle vzorce, užívaný Japan Iron and Steel Federation (JISF) a Japan Association of Steel Bridge Construction (JASBC) pro stanovení ochranné vrstvy patinující oceli. Pro potřeby v ČR se nepoužívá.**
- 2. USA a evropské země používají popisný způsob korozního poškození patinující oceli. V Japonsku se používá obrazový etalon koroze oceli. Protože však etalon korozního poškození není přenosný (je třeba jej sestavit pro proces korozního napadení pro podmínky České republiky), byl vytvořen podle japonského vzoru etalon korozního poškození, který byl sestaven na základě vizuálních prohlídek konstrukcí vyrobených z patinující oceli [2], [46].**

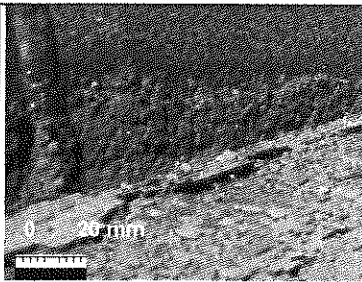
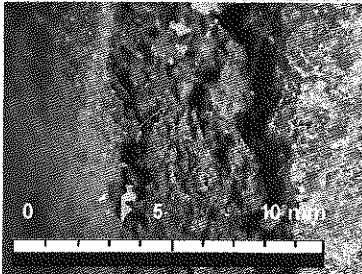
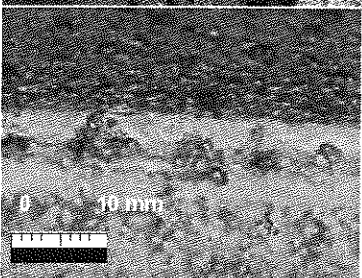
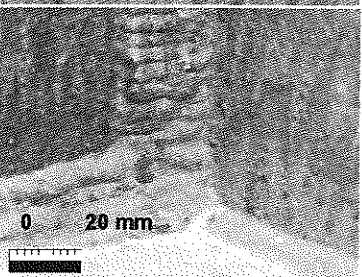
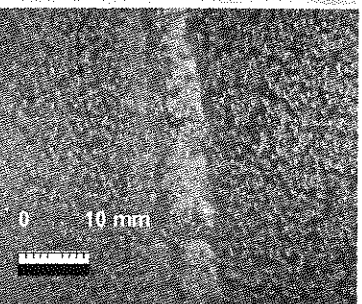
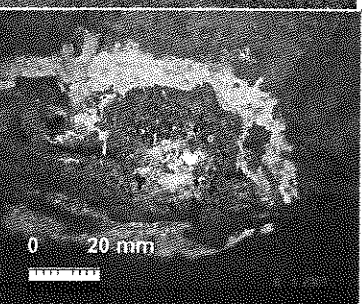
Vizuální posouzení konstrukce podle etalonu korozního poškození oceli/svarů[46]

Na základě místního šetření se stanoveným postupem do formuláře podle článku 1.7 této metodiky vyhodnotí a zaznamenají dosažené stupně korozního poškození na ocelové konstrukci 1 až 5 (stupeň 1,2,3 je nepřipustný). Musí se posoudit všechna místa a všechny jednotlivé plochy ocelové konstrukce. Je třeba upozornit na fakt, že ocelová konstrukce mostu nemá jednotný vzhled a místa se stupni korozního poškození se značně liší. Z tohoto důvodu je třeba, aby pracovník, provádějící posouzení stupně korozního poškození, byl v přímém styku s povrchem ocelové konstrukce. Stupeň se hodnotí podle tvaru útvarů (útvary prachovité, kulovité, šupinovité, listkovité) a podle barvy útvarů na povrchu oceli. V prvních letech zabudování konstrukce se postupně na ocelovém povrchu objevují stupně 5A až stupeň 4, po 30-ti letech byl místně zjištěn stupeň 5B. Tyto stupně jsou hodnoceny jako ochranná vrstva oceli. Od stupně 3 do stupně 1 se jedná o postupný vývoj nepřijatelného korozního poškození, kdy ocel ztrácí ochrannou schopnost. Výskyt těchto stupňů korozního poškození se objevuje u ocelových mostních konstrukcí již po 16-ti letech zabudování, a to u mostů pozemních komunikací, jestliže se dostávají do styku s CH.R.L.

Tabulka 20 - Etalon korozního poškození oceli, platný pro Českou republiku

Stupeň koroze	Detail koroze	Charakter korozních produktů/rzi, stupeň	Pohled na mostní konstrukci
1		Tvar: puchýře, odlupování po souvislých vrstvách délky nad 25 mm Barva: tmavě hnědá, skvrny tloušťka: > 800 µm NEPŘÍPUSTNÝ	
2		Tvar: listky, nepřilnutá rez k podkladu, vytváří důlky pod listky Barva: tmavě hnědá, skvrny tloušťka: > 400 µm, listky velikosti od 6 mm do 25 mm VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ A MĚŘENÍ KOROZNÍHO OSLABENÍ NEPŘÍPUSTNÝ	
3		Tvar: šupiny, nepřilnuté k podkladu Barva: tmavě hnědá, skvrny tloušťka: < 400 µm, drobné šupiny velikosti od 1 do 5 mm VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ A MĚŘENÍ KOROZNÍHO OSLABENÍ NEPŘÍPUSTNÝ	
4		Tvar: šupinky, zrnité, jemné, částečně přilnuté k podkladu Barva: středně až tmavě hnědá tloušťka: < 400 µm, drobné šupinky do 1 mm PŘÍPUSTNÝ	
5B		Tvar: tvrdá, přilnutá rez k podkladu, není možné ji setřít Barva: tmavě hnědá až fialová, stádium na fotografii po 30 - ti letech tloušťka: < 200 µm PŘÍPUSTNÝ <i>Poznámka: Celoplošně nebylo zjištěno na žádné ocelové konstrukci, pouze lokální výskyt</i>	
5A		Tvar: velmi jemná, práškovitá přilnutá rez k podkladu, počáteční stádium vývoje ochranné vrstvy (prvních 0-3 let) Barva: světlé oranžová až středně hnědá tloušťka: < 200 µm PŘÍPUSTNÝ	

Tabulka 21 - Etalon korozního poškození svarů, platný pro Českou republiku

Označení typu koroze	Detail koroze	Popis typu koroze, stupeň
SV1		ROZPAD KOUTOVÉHO SVARU Typ koroze: oslabení koutového svaru do stádia rozpadu koutového svaru vlivem trvalé vlhkosti v přechodu mezi dolní pásnicí a stěnou NEPŘÍPUSTNÝ
SV2		ROZPAD VÝPLŇOVÉHO SVARU Typ koroze: oslabení výplňového svaru do stádia rozpadu svaru vlivem trvalé vlhkosti a zvoleným nevhodným druhem přídavného materiálu NEPŘÍPUSTNÝ
SV3		DŮLKOVÁ KOROZE Typ koroze: oslabení koutového svaru vlivem dĺlkové koroze, nevhodně zvolený přídavný materiál pro svařování NEPŘÍPUSTNÝ
SV4		ROZDÍLNÁ KOROZE SVARŮ Typ koroze: rozdílná koroze svarů v koutech z důvodů zadržování vlhkosti. Svislý svar vytváří ochrannou vrstvu, vodorovný svar je v aktivním stavu dĺlkové koroze (odstín koroze oranžový) NEPŘÍPUSTNÝ
SV5		KOROZE PŘECHODOVÉ OBLASTI SVARU A ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU (TEPLEM OVLIVNĚNÁ OBLAST TOO) Typ koroze: rozdílná koroze svislého svaru z důvodů zadržování vlhkosti ve vrubech a zápalech základního materiálu. Svislý svar vytváří ochrannou vrstvu, přechod svaru do základního materiálu je v aktivním stavu koroze (odstín koroze oranžový) NEPŘÍPUSTNÝ
SV6		NETĚSNÝ SVAR MOSTOVKOVÉHO PLECHU Popis vady: netěsný svar mostovkového plechu, zatékání roztoků s CH.R.L. do komor mostu NEPŘÍPUSTNÝ

Důlková koroze, která vzniká na povrchu oceli, je hodnocena jako nepřijatelná a není zařazena mezi vývojové stupně ochranné vrstvy oceli. Jestliže dojde k výskytu tohoto korozního napadení, musí být konstrukce dodatečně opatřena PKO, protože ochranná vrstva oceli se již nevytvoří. Kromě tvorby ochranné vrstvy je třeba vyhodnotit i velikost korozních úbytků oceli ve stanovených místech, stanovenou metodikou podle tohoto článku.

Hodnocení korozního napadení oceli a hodnocení korozních úbytků oceli se provádí během prvních 10-ti let provozování ocelové konstrukce, v rámci záruční doby, podle článku 1.7. V této době musí být ochranná vrstva oceli stabilizována a velikost korozních úbytků musí odpovídat stanoveným předepsaným hodnotám. Pokud ke stabilizaci ochranné vrstvy nedojde, nebo dojde ke korozním úbytkům, které neodpovídají plánovaným předpokladům, musí být místa korozního oslabení posouzena a dodatečně opatřena PKO. V dalších letech se posuzuje stabilita vytvořené ochranné vrstvy oceli. Hodnota korozních úbytků byla stanovena na základě zahraničních údajů podle ASTM G 101-04, z roku 2004 [98].

Tento standard uvádí zjištěné korozní úbytky pro jednotlivé země, byly převzaty výsledky platné pro Německo, uváděné v Grafu 3. Podle těchto údajů je maximální korozní úbytek patinující oceli po 10-ti letech 300 μm . Korozní úbytek předpokládaný po 100 letech je tedy 2 000 μm . Z toho vyplývá, že technologický přídavek na korozní úbytek oceli je u mostních konstrukcí minimálně 2 mm na položku, včetně přídavku na koutové a tupé svary 2 mm. Technologický přídavek ovšem neřeší lokální oslabení ocelové konstrukce, které může být v reálném případě výrazně vyšší. Z tohoto důvodu musí být proveden povlak PKO ve stanovených kritických oblastech ocelové konstrukce podle článku 1.2.2.4. Údaje publikované v ASTM G 101-04 [98] však neuvádějí vliv CH.R.L ze zimní údržby, z tohoto důvodu mohou být dosažené úbytky na jednotlivých mostních objektech ještě vyšší.

Pro vyhodnocení stavu koroze svarových spojů nechráněných konstrukcí z patinující oceli byl sestaven přehled typických vad svarů v podmínkách údržby České republiky do etalonu korozního poškození svarů. Etalon korozního poškození svarů, uvedený v Tabulce 21, obsahuje označení svarů SV1 až SV6. Etalon korozního poškození svarů se použije v rámci prohlídek mostních konstrukcí podle článku 1.7 a 1.11. Opravy svarů v rámci údržby konstrukcí z patinující oceli musí být provedeny až na základě statického posouzení korozních úbytků spojovaných svařovaných profilů. Návrh oprav svarů vyžaduje postup podle kapitoly 19 A TKP, včetně schválení objednatelem nebo majetkovým správcem. V případě, že dojde ke korozi svarů během záruční doby, jedná se o záruční vadu. Záruční vady a podmínky pro poskytování záruky ocelových konstrukcí z patinující oceli zhotovitelem jsou podrobně uvedeny v článku 1.3 této metodiky.

Vizuální posouzení konstrukce podle obrazového Katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli

Vizuální posouzení konstrukce se provádí porovnáním reálné ocelové konstrukce s vadami a poruchami, které jsou uvedeny v Obrazovém katalogu vad a poruch [101], ukázka je uvedena v Příloze J.

Metodika stanovení a posuzování korozního poškození základního materiálu a svarů ocelové konstrukce

Ocelové konstrukce vyrobené z patinující oceli jsou posuzovány v rámci hlavní/mimořádné/kontrolní prohlídky postupy, stanovenými podle ČSN 73 6221 a ČSN EN 1337-10. Kromě povinných úkonů ve smyslu těchto norem, pro konstrukce vyrobené z patinující oceli, se hlavní/mimořádná prohlídka doplňuje o stanovení korozního poškození základního materiálu/svarů.

Korozní poškození základního materiálu/svarů se hodnotí jednak metodami:

- vizuální kontrolou / prohlídkou
- měřením změn tloušťky/korozního poškození základního materiálu/svarů.

Vizuální kontrola se provádí v celé ploše základního ocelové konstrukce, oproti tomu měření korozních úbytků se realizuje ve stanovených omezených plochách dle níže uvedené metodiky. V případě pochybností nebo, když se vizuální prohlídkou zjistí podezření na povrchové vady základního materiálu/svarů, musí se vizuální kontrola doplnit o další NDT metodu podle bodu A. Vadu základního materiálu/svaru je třeba vždy prokazatelně vyloučit doložením protokolu o provedení NDT kontroly podle TKP kapitola 19 Příloha 19A.P4 [102].

Běžná/hlavní/mimořádná prohlídka mostní konstrukce je prováděna pověřenými pracovníky, kteří splňují požadovanou odbornou a zdravotní kvalifikaci. Kvalifikace personálu, který provádí NDT kontrolu, je stanovena podle TKP kapitoly 19 Ocelové mosty a konstrukce. V prvních 10-ti letech záruční doby se hlavní prohlídka mostu realizuje každé 2 roky, a to v celé ploše ocelové konstrukce. Mimořádná prohlídka se provádí v případech uvedených v normě ČSN 73 6221.

A. Vizuální kontrola/prohlídka

Vizuální prohlídka se skládá z posouzení:

- odstínu a struktury korozní vrstvy na celé ocelové mostní konstrukci podle etalonu korozního poškození Tabulka 20
- typu korozního poškození svarů podle etalonu korozního poškození svarů, Tabulka 21
- stavu korozních detailů, čistoty koutů a těžko přístupných míst, stavu odvodňovacích zařízení, mostních ložisek, mostních závěrů jejich funkčnost a stav údržby - slovním popisem, fotodokumentací atd.
- stavu svarů (povrchové vady včetně vad způsobených korozi, velikost koutových svarů – překročení nebo podkročení jejich velikosti, typ koroze svarů atd.). V případě pochybností, je třeba doplnit vizuální kontrolu o další nedestruktivní zkušební metody pro kontrolu svarů a to: metodu penetrační (PT), metodu magnetickou (MT), radiografické zkoušení (RT) nebo zkoušení ultrazvukem (UT) podle TKP kapitoly 19. Podezření na trhliny je třeba vždy vyloučit, nelze provozovat ocelovou konstrukci s trhlínami. Svary se současně vyhodnocují podle ČSN EN ISO 5817 v případě mostních objektů: jakost B⁺ podle TKP kapitola 19.

- stavu šroubových spojů (korozní úbytky, utažení matic, dosedací stykové plochy, stav spár, stav vlastního spojovacího materiálu apod.), slovní popis
- stavu ocelové konstrukce, číselné zařazení do kódu podle Obrazového katalogu vad a poruch [101]
- depozice solí, stopy kondenzace, trvale vlhká místa, slovní popis
- jakosti a rozsahu prováděné údržby – slovním popisem, fotodokumentací

Výsledky vizuální prohlídky se povinně uvádí do Protokolu, který je uveden v článku 1.7. Není povoleno některou z výše uvedených skutečností opominout. V případě, že se na ocelové konstrukci vada nevyskytuje, slovně se tato skutečnost uvede do Protokolu.

Pro stanovení správného názvosloví a popisu vady slouží Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli [101]. U jednotlivých vad a poruch jsou uvedena pořadová katalogová čísla a kódové označení vady podle Katalogu vad firmy PONTEX (v případě ocelových konstrukcí pozemních komunikací). Katalogové listy slouží pro jednoduchou orientaci podle místa a typu vady, současně je uvedeno, zda se jedná o zjevnou vadu. Katalog vad a poruch také obsahuje jednoduchá doporučení pro návrh údržby a opravy.

Výsledky vizuální kontroly a dalších aplikovaných nedestruktivních zkušebních metod budou dokumentovány „Protokolem o zkoušce“ podle platných technických norem.

B. Měření změn tloušťky ocelových konstrukcí/ korozních úbytků základního materiálu/svarů

Měření korozního poškození základního materiálu/svarů se provádí na :

- stávajících ocelových mostních konstrukcích po záruční době, za tyto kontroly zodpovídá správce komunikace
- stávajících ocelových konstrukcích v záruční době. Pokud je to uvedeno ve smlouvě, za tyto kontroly zodpovídá zhotovitel stavby, pokud není uvedeno ve smlouvě, správce komunikace
- nově vyrobených/zabudovaných ocelových konstrukcích v záruční době od roku 2008 – za tyto kontroly zodpovídá zhotovitel stavby

Současně s měřením korozního poškození základního materiálu ocelových konstrukcí, se měří a vyhodnocuje stav poškození koutových, tupých svarů a šroubových spojů. Korozní úbytky tupých svarů s převýšením se zjišťují RT zkouškou a vyhodnocují na získaných radiogramech. Měření korozních úbytků zabroušených tupých svarů je stanoveno podle shodné metodiky, jako základní materiál. Korozní úbytky koutových svarů stávajících ocelových konstrukcí se měří mechanickými měrkami a vyhodnocují se oproti parametrům stanoveným ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce. Korozní úbytky koutových svarů nově zabudovaných ocelových konstrukcí se kromě mechanických měrek měří v liniovém měření jako základní materiál. Korozní úbytky šroubových spojů se hodnotí ve stykových plochách, současně se stavem spojovacího materiálu.

B.1 Způsob měření tloušťek korozních úbytků na stávajících mostních konstrukcích (po záruční době)

Na základě provedené vizuální prohlídky se ocelová konstrukce rozdělí na jednotlivé konstrukční části (horní pásnice, stěna, dolní pásnice, ztužení, příčné výztuhy apod.) po jednotlivých polích. Stanoví se kritická místa konstrukce, zpravidla dolní pásnice z horní strany, stěna pás 300 mm od horní pásnice a pás 300 mm od dolní pásnice, dolní strana dolní pásnice v místě ložisek a mostních závěrů apod. Kritická místa se uvedou do Tiskopisu podle článku 1.11 a zakreslí se do výrobní dokumentace s přesným kótováním místa. Označí se jako kontrolní plochy s číslem.

Měření změn tloušťek/korozních úbytků základního materiálu/svarů se provádí na každé konstrukční části, v jejím kritickém místě, na předem určené kontrolní ploše.

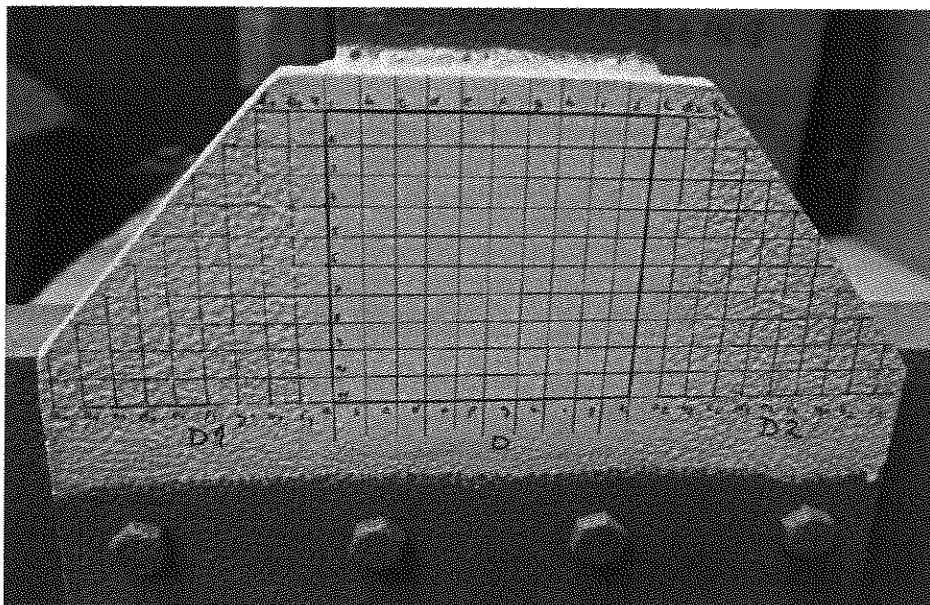
Určí se místo maximální předpokládané změny tloušťky (kritické místo) ocelové konstrukce. Proveďte se fotodokumentace vyznačené plochy z obou stran. Na povrchu, který vykazuje lepší stav povrchu základního materiálu/svaru se odstraní nečistoty, zbytky koroze a místo se obrousí na drsnost 6,3 μm , v ploše minimálních rozměrů délky 1100 mm, šířky 50 mm. V případě koroze s vrstevnatými korozními produkty se odstraní veškeré nepřilnuté části koroze až na soudržnou vrstvu kovu, v případě důlkové koroze se povrch obrousí až na dno důlků. Horší strana ocelové konstrukce se pouze oseká na soudržný kov (odstraní se veškeré nepřilnuté části kovu), důlky se ponechají. Místo se označí popisem jako kontrolní plocha 1, 2, 3, atd.

Strana, která vizuálně vykazuje lepší stav (vnitřní strana stěny nosníku nebo dolní pásnice nosníku z dolní strany nebo vnější plocha dutého, přístupného profilu), se opatří nátěrovým systémem podle TKP kapitola 19, vrchní odstín barvy bílý například RAL 9001. Nátěrový systém na vymezené ploše slouží jako součást kontrolní plochy pro měření korozních úbytků.

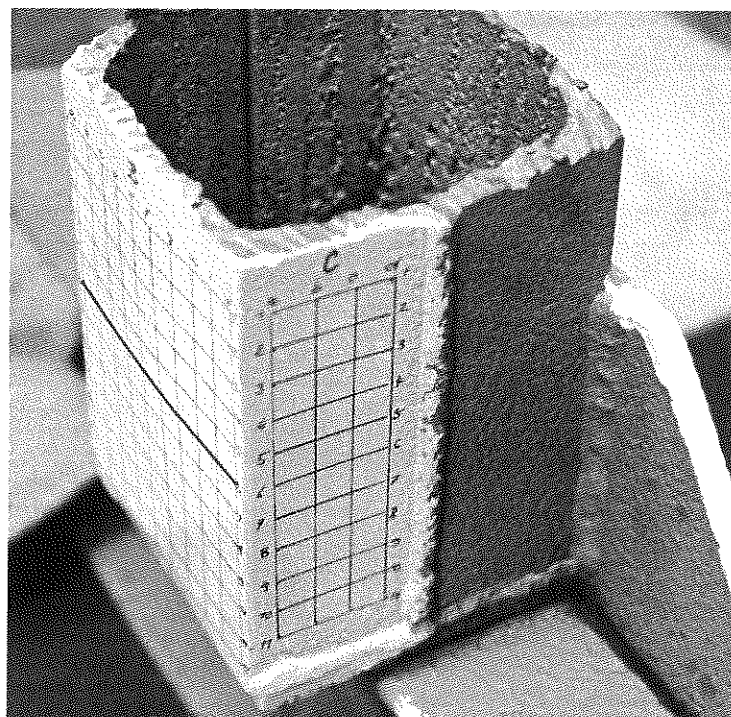
Na vyznačenou bílou plochu se nesmývatelným černým popisovačem narysují linie podle celkové kritické plochy po 10, 20, 50 mm, v délce zpravidla 1 000 mm (v případě rozměrů položek menších, minimálně 100 mm) do rámečkového rastru, podle Obrázku 30 a 31. Měření se provádí na každé kontrolní ploše po vykreslené linii.

Měření zbytkových tloušťek základního materiálu se měří ultrazvukem, ze strany narysované linie, v délce liniového měření, po jednotlivých úsecích s rozdělením délkových úseků po 100 mm. Rozdělení délkových úseků po 100 mm je nutné z důvodu technologie provádění měření. Délka linie 1 000 mm se tedy rozdělí na 10 úseků v délkách 100 mm.

Měření změn tloušťek/korozních úbytků svarů se provádí tak, že se odstraní veškeré nepřilnuté korozní zplodiny osekáním, obrousěním až na kovově lesklý povrch. U tupých svarů, které jsou zabroušeny do roviny s položkou základního materiálu, se provádí měření po celé délce svaru shodnou metodikou jako v bodě (1) až (4). V případě koutových svarů se měření provádí mechanickými měrkami. Korozní úbytky tupých svarů s převýšením se zjišťují RT zkouškou a vyhodnocují na získaných radiogramech. Vizualně se jakost povrchu svaru kontroluje v souladu s bodem A.



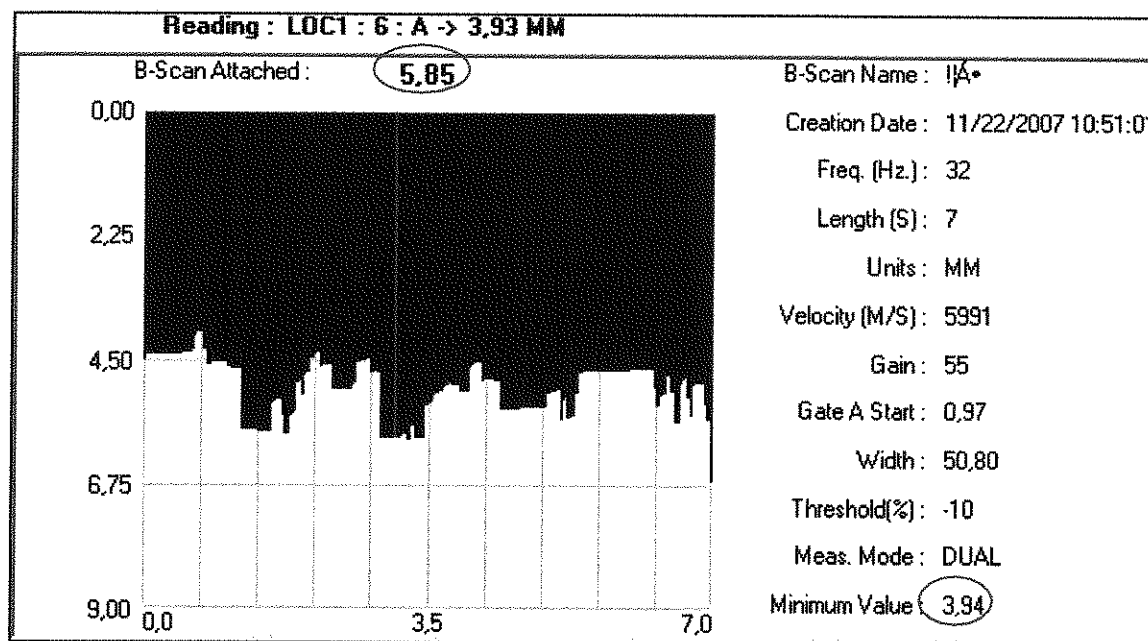
Obrázek 30 – Vyznačení rastrových linií na ocelové konstrukci z patinující - stáří 30 let. Rastrový rámeček o ploše D (100x100 mm) je zakreslen na obroušený povrch. Na plochách D1 a D2 jsou zřejmé důlky způsobené na povrchu základního materiálu působením pouze vlivu atmosférické koroze. Chyba měření tloušťky základního materiálu na neobroušených důlcích neodpovídá předpisu této metodiky.



Obrázek 31 – Pohled na vyznačení rastrových linií, z vnitřní strany vzorku jsou patrné důlky hloubky několika milimetrů. Výsledek měření tloušťky profilu po červeně vyznačené linii 6 je na Obrázku 32

Výstupem pro měření plochy základního materiálu a zabroušených tupých svarů jsou úsečky s délkou 1 000 mm, rozdělené na vyhodnocovací úseky dlouhé 100 mm, které mají vyneseny reliéf provedeného měření. Rozdíly v naměřených hloubkách a výškách jsou zjištěné maximální a minimální korozní úbytky proti původním tloušťkám. Protože není provedeno nulté měření /výchozí stav/ v době uvedení mostní konstrukce do provozu v roce „0“, první měření je považováno za vstupní „0“-té měření.

Naměřené výsledky změn tloušťky se vyhodnotí vůči předepsaným jmenovitým tloušťkám profilů podle výkresové dokumentace a/nebo vůči statickému výpočtu v daném místě. Každé další měření se provádí ve stejném místě za stejných podmínek měření (zajištění reprodukovatelnosti výsledků měření) a vyhodnocuje se s ohledem k provedení „0“ – tému měření v roce *X* životnosti mostu. Příklad výsledného měřeného reliéfu tloušťky ocelového profilu je na Obrázku 32. Koutové svary se měří ve vzdálenostech po 20 mm po délce koutového svaru a vyhodnocují se vůči parametrům, které jsou předepsány ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce (parametr „a“, ale i rozměry provedení svaru podle ČSN EN ISO 5817).



Obrázek 32 – Příklad vyznačení reliéfu povrchu základního materiálu z ultrazvukového přístroje s B zobrazením (B-Scan). Minimální tloušťka základního materiálu byla měřena 3,94 mm, oproti maximální tloušťce 5,85 mm. Původní tloušťka profilu byla 6 mm. Měření bylo realizováno v linii 6, na ploše B, v délce linie 100 mm, Obrázek 31.

B.2 Způsob měření tlouštěk korozních úbytků na nově zabudovaných mostních konstrukcích (v záruční době)

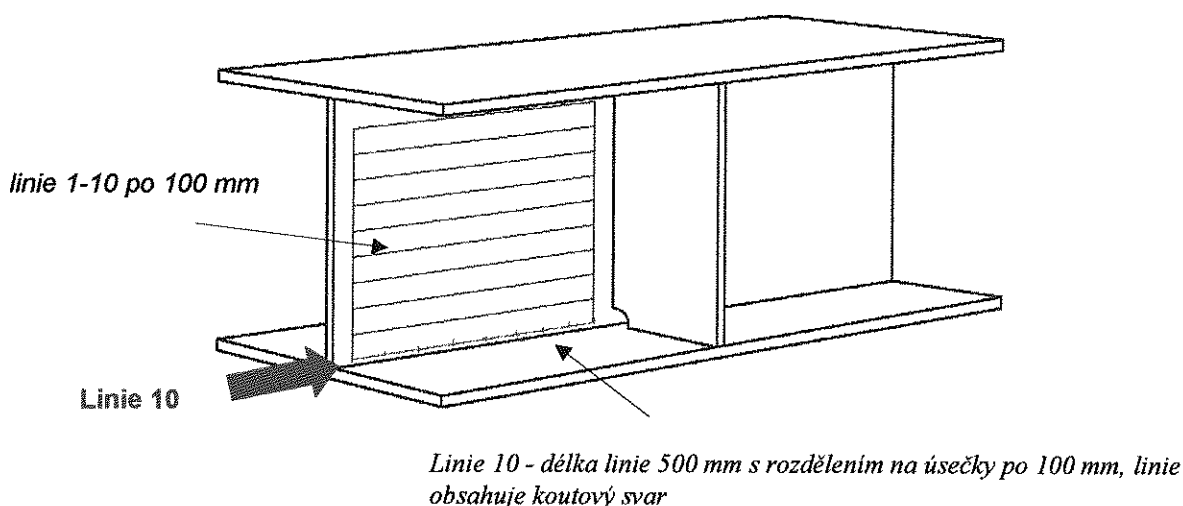
V případě nových ocelových konstrukcí v záruční době musí být ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce označeny jednotlivé konstrukční části (horní pásnice, stěna, dolní pásnice, ztužení, příčné výztuhy apod.) po jednotlivých polích. V dokumentaci se stanoví kritická místa konstrukce, zpravidla dolní pásnice z horní strany, stěna pás 300 mm od horní pásnice a pás 300 mm od dolní pásnice, dolní strana dolní pásnice v místě ložisek a mostních závěrů apod. Kritická místa se uvedou do Tiskopisu podle článku 1.7. Místa se zakreslí do výrobní dokumentace s přesným kótováním plochy. Plocha musí mít minimální délku 1 100 mm, podle Obrázku 33. Plocha se označí jako kontrolní plocha a uvede se její číslo. Kontrolní plocha musí vždy obsahovat příčné/podélné tupé svary a koutové nosné svary. Tupé svary musí být vždy zabroušeny do úrovně s přilehlou položkou.

Ocelová konstrukce mostu se ve stanovených místech kontrolních ploch podle výkresové dokumentace z jedné strany ocelového profilu otryská/obrousí a opatří se nátěrovým systémem podle TKP kapitola 19 (jedná se o stranu, kde se očekává menší korozní úbytek, tedy dolní strana dolní pásnice, vnitřní stěna nosníku apod.). Vrchní odstín barvy je bílý např. RAL 9003.

Na vyznačenou bílou plochu se nesmývatelným černým popisovačem narysují linie, vzdálené po 100 mm, v délce minimálně 1 000 mm do rámečkového rastru. V případě menších rozměrů položek se délka linie přizpůsobí položce.

Měření tloušťek korozních úbytků se provádí na každé kontrolní ploše po vykreslené linii, v délkách úseků po 100 mm. Rozdělení úseků po 100 mm je nutné z důvodu technologie provádění měření. Délka měřené tloušťky po linii 1 000 mm se tedy rozdělí na 10 úseků v délkách po 100 mm.

U tupých svarů, které jsou zabroušeny do roviny s přilehlou položkou základního materiálu, nebo u koutových svarů se provádí měření po celé délce svaru shodnou metodikou, podle Obrázku 33. V případě koutových svarů se provádí navíc také měření mechanickými měrkami. V případě převýšení tupých svarů se měření oslabení svarů neprovádí. Zde se vizuálně kontroluje jakost povrchu svaru v souladu s bodem 4.1.



Obrázek 33 – Příklad vyznačení rastru na nosníku - kontrolní plocha 500 x 900 mm, s liniemi 1 až 10, linie číslo 10 je vyznačena červeně, obsahuje i koutový/tupý krční svar a je rozdělena na měřicí úseky délky 100 mm

Výstupem měření jsou délkové úsečky po 100 mm, které mají vyneseny reliéf provedeného měření. Rozdíly v naměřených hloubkách a výškách jsou zjištěné maximální a minimální korozní úbytky proti původním tloušťkám. Nulté měření je provedeno v době uvedení mostní konstrukce do provozu v roce „0“, první měření je považováno za vstupní „0“-té měření. Měřené oslabení tloušťky základního materiálu/tupých zabroušených svarů se vyhodnocuje k předepsaným jmenovitým tloušťkám profilů podle výkresové dokumentace (popř. statickému výpočtu v daném místě). Každé další měření se potom vyhodnocuje s ohledem k provedenému „0“ – tému měření v roce X životnosti mostu.

Koutové/tupé krční, příčné, podélné svary se vyhodnocují vůči parametrům, které jsou předepsány ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce (parametr „a“ u koutových svarů, ale i rozměry provedení svaru podle ČSN EN ISO 5817). Porovnávají se s předloženou WPQR svarů výrobce/montážní organizace.

B.3 Návodka pro provedení měření korozních úbytků základního materiálu/svarů ultrazvukem (povinný obsah)

1. Účel

Účelem této instrukce je stanovit jednotná pravidla pro měření tloušťky (korozních úbytků) ocelových konstrukcí z patinující oceli ultrazvukem.

2. Aplikované předpisy

Pro provedení a vyhodnocení měření tloušťek platí následující technické normy a související předpisy : ČSN EN 473, ČSN EN 583, ČSN EN 1330, ČSN EN 12668, ČSN EN 14127, ČSN EN 15317 a ČSN EN 17050

3. Princip měření

Měření tloušťek se provádí podle ČSN EN 14 127 a v souladu s doplňujícími požadavky těchto TP.

4. Oblast platnosti

Tato návodka platí pro měření, prováděné kvalifikovanými pracovníky v rámci hlavních/mimořádných prohlídek ocelových konstrukcí mostů z patinující oceli.

5. Přístroj

K měření tloušťky se použije měřicí souprava, která se skládá z ultrazvukového tloušťkoměru s možností zobrazení B, propojovacího kabelu a z ultrazvukové duální sondy. K zobrazení a vyhodnocení zobrazení B je potřeba příslušný software, který je schopen odečíst ze záznamu minimální tloušťku. Dále musí umožnit vytvořit v paměti přístroje tabulku měření a odeslání naměřených hodnot přímo do tabulky.

(Poznámka: Z běžně dostupných přístrojů tyto funkce splňují například přístroje KRAUTKRAMER DMS 2, nebo PANAMETRICS 37DL+)

6. Požadavky na personál

Pracovník, provádějící měření, musí být kvalifikován min. ve stupni způsobilosti 1 v souladu s ČSN EN 473, nebo se souhlasem objednatele, musí být prokazatelně certifikován podle požadavků standardu Certifikačního sdružení pro NDT personál č. Std-201 APC / Měření tloušťky ultrazvukovými tloušťkoměry (UTT). Pro řízení činností souvisejících s měřením a vyhodnocením platí požadavky ČSN EN 473 – stupeň způsobilosti 3.

7. Charakterizace a ověřování ultrazvukového zařízení pro měření tloušťky

Musí být splněny požadavky ČSN EN 15317. Měřicí souprava se nastavuje na stupňové měrce z uhlíkové konstrukční oceli, s tloušťkami stupňů ověřenými s přesností na 0,01 mm. Souprava se nastavuje na stupni s tloušťkou $\pm 10\%$ předpokládané měřené tloušťky.

Opakovací frekvence ultrazvukových impulsů musí být nastavena na maximální hodnotu, kterou přístroj umožňuje.

8. **Kontrola nastavení měřicí soupravy**
Nastavení měřicí soupravy se ověřuje před začátkem měření, vždy po 4 hodinách měření a po ukončení měřících činností. Pokud se zjistí odchylka větší, než 0,1 mm, musí se opakovat všechna poslední měření, provedená s takto nastavenou soupravou.
9. **Akustická vazba**
Jako akustická vazba se použije vhodné médium, které nezpůsobuje následnou korozi kontrolní plochy, nebo okolí. (Poznámka: Použití tapetového lepidla, nebo škrobu není vhodné. Doporučuje se použití kontaktních gelů pro ultrazvukové zkoušky, například ELY-CASTROL UCA 7, MR CHEMIE, KRAUTKRAMER, PANAMETRICS a pod.).
10. **Povrch kontrolní plochy a teplota povrchu**
*Povrch musí být čistý, bez nerovností a koroze. Musí umožnit dosednutí ultrazvukové sondy celou její kontaktní plochou a umožnit posun ultrazvukové sondy po kontrolní linii. Provedení úpravy kontrolního bodu musí odpovídat metodice podle Obrázku 31 a Obrázku 33. Tloušťka nátěrového systému musí být rovnoměrná, s odchylkou tloušťky na měřené ploše $\pm 15\mu\text{m}$. Nedestruktivním způsobem bude zjištěna reálná celková tloušťka povlaku PKO a její hodnota bude využita při stanovení skutečné tloušťky kontrolovaného prvku OK.
Při měření musí být teplota povrchu základního materiálu/svaru v rozsahu $+ 5$ až $+ 30^{\circ}\text{C}$.*
11. **Provedení měření**
 - 11.1 **Bodové měření** se provede přiložením sondy, na měřicí bod s nanesenou přiměřenou vrstvou akustické vazby. Odečtení tloušťky a její odeslání na příslušnou pozici v paměti se provede po ustálení hodnot poté, co příslušný symbol na displeji přístroje signalizuje dobrou akustickou vazbu. Bodové měření se použije v případě nutnosti ověření minimální tloušťky liniového měření.
 - 11.2 **Liniové měření pomocí zobrazení B** se provede posunem sondy po kontrolní linii. Posuv sondy musí být plynulý, po přímé linii, bez přerušení akustické vazby. Délka jedné linie může být maximálně 110 mm. Dlouhé měřené úseky se musí rozdělit na dílčí úseky po 100 mm, přitom je třeba dbát na vzájemné překrytí začátku a konce sousedních linií. Záznam snímání linie (zobrazení B) se po kontrole jeho správnosti odešle na příslušnou pozici v paměti přístroje. Pro usnadnění pohybu po linii lze použít například příložené magnetické pravítko, podél nějž se sonda posouvá.
12. **Umístění měřících linií (bodů)**
Umístění měřících linií se řídí příslušnými ustanoveními pro kontrolní plochy.
13. **Ukončení měření**
Veškeré kontrolní plochy musí být po ukončení měření očištěny od zkušebních prostředků.
14. **Protokol o měření tloušťky základního materiálu/svarů. Záznam měření**
Výsledky měření se zaznamenají do „Protokolu o měření tloušťky základního materiálu/svarů“. Protokol o měření tloušťky základního materiálu/svarů musí být součástí zápisu z hlavní/mimořádné prohlídky ocelové konstrukce, ve formě Protokolu. V případě koutových svarů se doplňuje měřením tloušťky svarů mechanickými měrkami.

„Protokol o měření tloušťky základního materiálu/svarů“ musí obsahovat tyto údaje:

Všeobecné údaje

- Datum měření
- Identifikace objektu a kontrolní plochy podle výkresové dokumentace
- Údaje o kontrolní ploše (rozměry, umístění, stáří PKO, stav plochy)
- Měření tloušťky PKO podle kapitoly 19 B TKP
- Fotodokumentace kontrolní plochy, popis stavu koroze v místě protilehlé strany ocelové konstrukce
- Údaje o stáří ocelové konstrukce, údaje o hlavní prohlídce, údaje o „0“ měření a tloušťce profilu/svaru podle statického výpočtu, údaje o přírůstku tloušťky, účel měření
- Údaje o typu zařízení, výrobní číslo, popis typu sondy, výrobní číslo
- Údaje o referenční měrce
- Druh vazebního prostředku
- Údaje o nastavení přístroje, způsob kalibrace
- Kalibrační list (kopie přiložena), přesnost měření
- Hlavní parametry nastavení soupravy
- Informace o jakémkoliv omezení rozsahu zkoušení
- Osoba, která měření provedla, kvalifikace, podpis
- Výsledky měření koutových svarů mechanickými měrkami (pokud se měří koutový svar) – jako samostatná příloha protokolu

Zkušební údaje

- Grafický výstup celého liniového měření, vyznačení míst s nejvyšším oslabením tloušťky, popř. bodové doměření
- Tabulka měření (umožňující optimální způsob přenosu získaných výsledků do databáze systematického sledování stavu OK)
- Přípustné odchylky a dosažené odchylky měření
- Vyhodnocení měření, úbytky tloušťek základního materiálu/svarů
- Náskres rozměrů a umístění necelistvostí, pokud byly zjištěny v základním materiálu
- Případná skica, náskres potřebný pro vyhodnocení měření
- Komentář k měření, doporučení pro další měření

B.4 Vyhodnocení korozního poškození základního materiálu /svarů

Vyhodnocení korozního poškození základního materiálu/svarů provádí vedoucí hlavní/mimořádné prohlídky, s kvalifikací podle Tabulky 1. Porovnává tyto vstupní údaje:

- údaje uvedené ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce
- údaje uvedené ve statickém výpočtu ocelové konstrukce
- údaje uvedené ve smluvní dokumentaci objednatele (zadávací dokumentace)
- údaje uvedené v záručních podmínkách
- údaje uvedené při „0“ a následném měření (pokud existuje)
- pro svary - údaje uvedené ve WPQR dilenských/montážních svarů
- pro svary - posouzení předepsané jakosti svarů podle TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce
- Etalon korozního poškození základního materiálu
- Etalon korozního poškození svarů

- *Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli vůči výsledkům:*
- *měření korozních úbytků základního materiálu/svarů*
- *vizuální prohlídky základního materiálu/svarů*
- *NDT kontrol základního materiálu/svarů (doplňující kontrola, pokud je aplikována/předepsána)*

Vyhodnocení uvádí a potvrzuje vedoucí hlavní prohlídky svým podpisem v Protokolu podle článku 1.7 a 1.11 této metodiky.

C. Následná opatření pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu ocelové konstrukce

Pokud vedoucí hlavní/mimořádné prohlídky zjistí, že existuje nesoulad mezi předepsanými skutečnostmi podle smluvních podmínek a stavem ocelové konstrukce, musí navrhnout, jakým způsobem se provede oprava stávajícího stavu. Pokud změny tloušťky základního materiálu/svarů vyhovují statickému výpočtu, ale neodpovídají předepsané predikci korozního úbytku, příslušná část ocelové konstrukce musí být doplněna povlakem PKO. Rozsah, v jakém se povlak PKO provede, musí být v rámci záruční doby stanoven objednatelem, po záruční době správcem komunikace. V případě, že se jedná o korozní poškození základního materiálu/svarů, které překračuje povolené parametry statického výpočtu/zadáni/záruky/smluvní dokumentace, musí být objednatel, zhotovitel stavby (v případě záruční doby) a správce komunikace vedoucím hlavní/mimořádné prohlídky neprodleně a prokazatelně písemně informován o zjištěném stavu. Správce komunikace musí učinit příslušná opatření v souvislosti se zajištěním bezpečnosti provozu na pozemní komunikaci. Pokyny pro následná bezpečnostní opatření uvádí vedoucí hlavní/mimořádné prohlídky v Protokolu podle článku 1.7 a 1.11.

1.3 Smluvní podmínky

V této části nálezu je třeba prostudovat veškeré písemné smluvní podmínky případu.

Jedná se o zadávací podmínky stavby, smluvní podmínky stavby, zvláštní technické a kvalitativní podmínky stavby, podmínky stavebního povolení, stanoviska budoucích správců apod. V této části dokumentace se musí znalec ujistit, zda jsou stanoveny podmínky pro ocelovou konstrukci, podle Schématu 1.

Pokud smluvní technické podmínky pro tento typ ocelové konstrukce a oceli neexistují, je další postup znalce znemožněn. Pro konstrukce pozemních komunikací platí od roku 2008 smluvní podmínky ve formě obecné, pro všechny ocelové konstrukce. Jsou uvedeny v technických a kvalitativních podmínkách TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce. Navíc je třeba konstrukce vyrobené z patinující oceli posuzovat podle technických podmínek, TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, které vycházejí z této doktorské práce a dalších výzkumů, které byly realizovány pro ministerstvo dopravy. Předpokládá se, že technické podmínky budou schváleny a vydány v průběhu roku 2008.

Záruky zpracovatele Projektové specifikace NPO a Projektové specifikace PKO

Zpracovatel Projektové specifikace NPO zodpovídá objednateli za vhodnost návrhu třídy jakosti oceli, vhodnost návrhu tvaru ocelové konstrukce a při umístění do místa expozice vytvoření ochranné vrstvy oceli na konstrukci z patinující oceli, při stanovené údržbě ocelové konstrukce. Způsob plnění a doba záruky je stanovena objednatelem ve smlouvě.

Definice záruky zhotovitele, údržba ocelové konstrukce v záruční době

Záruční doby všeobecně stanoví TKP kapitola 1. Záruční doba pro mosty vyrobené z patinující oceli s částečnou nebo chybějící PKO je stanovena na 10 let. Podmínky záruky musí být objednatelem uvedeny podle těchto TP ve smlouvě. V případě, že podmínky prodloužené záruční doby nebo údržby ve smlouvě stanoveny nejsou, ocelová konstrukce se opatří v celé ploše PKO podle kapitoly TKP 19 B a nebude ponechána v nechráněném stavu. V tom případě platí podmínky poskytování záruky zhotovitelem podle kapitoly 19 B, a to 5 let.

V rámci předávacího řízení objektu, v případě staveb pozemních komunikací, musí být zhotovitelem předložena objednateli dokumentace údržby pro dobu životnosti (je součástí schválené RDS), podle TKP-D6 Příloha 5, článek 5.1.12. Pro případ konstrukcí vyrobených z patinující oceli s částečnou nebo chybějící PKO se jedná o speciální požadavky na údržbu. Obecně se požaduje životnost ocelové konstrukce mostu 100 let, bez toho, aby se rozlišovala použitá jakost oceli. Součástí dodávky ocelové konstrukce z patinující oceli je odpovídající údržba ocelové mostní konstrukce, prováděná bezplatně zhotovitelem stavby po dobu 10-ti let, v rozsahu podle stanovených podmínek. V případě, že nebude splněn roční cyklus údržby, prodlužuje se záruční doba o 1 rok. O prodloužení záruční doby musí být zhotovitel písemně informován, včetně důvodů prodloužení záruky.

O provedené údržbě uvádí zhotovitel stavby písemný zápis do deníku údržby, který je pro tyto účely zřízen, veden a uložen u správce komunikace, správce komunikace potvrzuje písemně každý zápis. Pracovník správce komunikace, který je zodpovědný za evidenci údržby je uveden v zápisu o předání a převzetí stavby/objektu.

Údržba ocelové konstrukce z patinující oceli je stanovena v tomto rozsahu:

- kontrola stavu těsnosti mostního závěru a vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti bezplatná oprava)
- kontrola stavu těsnosti izolace mostu a vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti bezplatná oprava)
- kontrola těsnosti odvodňovacího zařízení a rozvodu potrubí odvodnění, vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti bezplatná oprava)
- kontrola těsnosti svarů (v případě netěsnosti bezplatná oprava)
- odstraňování spadu, nečistot, vegetace z povrchu celé ocelové konstrukce k datu 1.prosince.
- celoplošné omytí ocelové mostní konstrukce tlakovou vodou s detergentem k datu 1.května.
- měření tloušťky korozních úbytků v místech stanovených podle článku 1.2.2.5
- kontrola stavu PKO a provádění průběžných oprav PKO (tam, kde je realizováno)

Záruka zhotovitele ocelové konstrukce se vztahuje na ocelovou konstrukci, včetně částečné protikorozní ochrany za podmínky provádění údržby ocelových mostů a konstrukcí, která je realizována ve výše uvedeném rozsahu. Z prováděné údržby musí být zhotovitelem vyhotoven písemný zápis pro každý rok záruky a to k 31. prosinci.

Definice záručních podmínek

Na ocelové konstrukci v nechráněném stavu nesmí být zjištěna:

- na ocelovém povrchu, šroubových a svarových spojích: důlková koroze (hloubka důlků $> 200 \mu\text{m}$), štěrbinová koroze, nebo koroze s tvorbou vrstevnatých korozních produktů stupeň koroze 1,2 nebo 3, podle etalonu korozního poškození Tabulka 20 těchto TP a vady definované v Obrazovém katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli.
- nebo na ocelovém povrchu, šroubových a svarových spojích: celkové korozní oslabení tloušťky profilů $> 200 \mu\text{m}$, měřeno metodikou podle článku 1.2.2.5
- nebo korozní poškození svarových spojů podle stupně SV1 až SV6, podle Tabulky 21

Na ocelovém povrchu/šroubových/svarových spojích musí být po 10-ti letech vytvořena ochranná vrstva, chránící ocel/šroubové/svarové spoje. V případě, že nebudou splněny záruční podmínky, zhotovitel provede bezplatné otryskání ocelové mostní konstrukce v celém rozsahu a doplnění povlakem PKO v systému podle TKP kapitola 19 [102].

Pro ocelovou konstrukci/část ocelové konstrukce, kde je již provedena úplná nebo částečná PKO, se podmínky záruky vyhodnocují pouze v místě provedené PKO podle TKP kapitoly 19 část B.

Vyhodnocení plnění záručních podmínek se provádí na základě zápisu z mimořádné prohlídky ocelové mostní konstrukce, která musí být realizována v rozsahu podle bodu 1.7, způsobilým pracovníkem objednatele, podle Tabulky 1. Hlavní prohlídka musí být uskutečněna tak, aby bylo možné uplatnit časové plnění záruky (před skončením záruční doby).

Pro umožnění provádění prohlídek a údržby musí být ocelové mostní konstrukce z patinující oceli vybaveny revizním zařízením pro bezpečný přístup k ocelové mostní konstrukci, a to na přímý kontakt (dotyk). Revizním zařízením je myšleno: revizní madla, revizní lávky, revizní vozík.

Po celou záruční dobu musí být správcem objektu sledován celkový stav objektu a jakákoliv zjištění zakládající důvod k zahájení reklamačního řízení musí být správcem bez zbytečného odkladu písemně oznámena zhotoviteli a objednateli.

Po celou záruční dobu je zhotovitel povinen sledovat celkový stav objektu a jakákoliv zjištění zakládající důvod k odmítnutí plnění záruk musí být bez zbytečného odkladu písemně oznámena objednateli.

Nestavební údržba

V prvních 10-ti letech životnosti konstrukce z patinující oceli se nestavební údržba zajišťuje zhotovitelem stavby a je zaměřena na plnění podmínek záruk zhotovitele. V případě neplnění podmínek podle tohoto článku zhotovitelem stavby, je třeba

majetkovým správcem (vlastníkem) pozemní komunikace písemně uplatňovat její plnění. V případě, že nebude splněn roční cyklus údržby, prodlužuje se záruční doba o 1 rok.

V dalších letech životnosti ocelové konstrukce majetkový správce (vlastník) pozemní komunikace provádí nebo zajišťuje prostřednictvím vybraného zhotovitele, který má platné oprávnění pro stanovenou činnost, nestavební údržbu v tomto rozsahu:

- *kontrola těsnosti odvodňovacího zařízení a rozvodu potrubí odvodnění, vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti zápis a oprava)*
- *čištění odvodňovačů a potrubí rozvodů*
- *čištění ocelové konstrukce, zejména spadu, nečistot, ptáčího trusu, vegetace s povrchu celé ocelové konstrukce k 1.12, každý rok*
- *kontrola stavu solných výluhů na ocelové konstrukci po zimní údržbě, vizuálně, celoplošné omytí ocelové konstrukce každé 2 roky*
- *v rozsahu podle kapitoly 19 A a 19 B TKP [102]*

Soudní znalec musí obdržet veškeré záznamy o prováděné nestavební údržbě.

Stavební údržba

Opravy a stavební údržba ocelových konstrukcí z patinující oceli je zajišťována majetkovým správcem (vlastníkem) pozemní komunikace prostřednictvím vybraného zhotovitele, tj. právnické nebo fyzické osoby, která má oprávnění k provádění stavebních, montážních prací nebo k provádění protikorozní ochrany.

V případě, že během životnosti ocelové konstrukce z patinující oceli bude zjištěna koroze ocelového materiálu, přesahující stupeň 2, a to včetně stupně 2 podle etalonu korozního poškození, nebo úbytek tloušťky ocelového profilu větší než 1 mm oproti původnímu statickému výpočtu, nebo výskyt štěrbinové nebo důlkové koroze, bude třeba ocelovou konstrukci v celém rozsahu plochy tryskat, posoudit statikem a opatřit dodatečně povlakem PKO, v systému podle TKP kapitola 19 [102].

Soudní znalec musí obdržet veškeré záznamy o prováděné stavební údržbě.

1.4 Stavební, montážní deníky, natěračské deníky

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce všechny vedené stavební deníky, výrobní deníky a natěračské deníky ocelové konstrukce, které byly pořízeny v rámci výstavby, oprav nebo rekonstrukce ocelové konstrukce. Deníky jsou vedeny a archivovány podle pokynů v TKP kapitole 19 [102].

1.5 Dodací listy, faktury

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce všechny vedené dodací listy a faktury, které byly vyhotoveny v rámci výstavby, oprav nebo rekonstrukce ocelové konstrukce. Tyto doklady jsou vedeny a archivovány podle pokynů v TKP kapitole 19 [102].

1.6 Zápisy z dílenských přejímek, montážních prohlídek ocelové konstrukce, včetně dokladů

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce všechny zápisy z dílenských přejímek a montážních prohlídek ocelové konstrukce.

Dílenská přejímka, přípustné odchylky

Pro provedení dílenské přejímky platí článek 19.A.8 kapitoly 19 A TKP, pro velikost přípustných úchylek platí článek 19.A.6 kapitoly 19 A TKP. Kromě dodržení stanovených zásad podle kapitoly 19 A TKP se v rámci dílenské přejímky kontroluje splnění podmínek, které jsou uvedeny v Projektové specifikaci NPO nebo v Projektové specifikaci PKO podle článku 1.2.2.5.

Součástí dílenské přejímky je v případě ocelové konstrukce z patinující oceli také přejímka PKO, která se realizuje v rozsahu a způsobem, podle kapitoly 19 B. Pokud není protikorozní ochrana ocelové konstrukce ukončena, nemůže být ukončena dílenská přejímka. Součástí zápisu z dílenské přejímky jsou doklady o ukončení dílenské PKO (povlaky PKO), včetně vyplněných Rodných listů PKO dílců/konstrukce (Protokol o provedení PKO).

Kvalifikace pracovníka kontroly, provádějícího dílenskou přejímku musí splňovat požadavky Tabulky 1.

Montážní prohlídka, přípustné odchylky

Pro provedení montážní prohlídky platí článek 19.A.8 kapitoly 19 A TKP, pro velikost přípustných úchylek platí článek 19.A.6 kapitoly 19 A TKP. Kromě dodržení stanovených zásad podle kapitoly 19 A TKP se v rámci montážní prohlídky kontroluje splnění podmínek, které jsou uvedeny v Projektové specifikaci NPO nebo v Projektové specifikaci PKO.

V rámci montážní prohlídky jsou současně kontrolována místa mostních závěrů, mostních ložisek, odvodňovačů, stav znečištění konstrukce, stav okují apod. v rozsahu podle této metodiky.

Součástí montážní prohlídky je v případě ocelové konstrukce z patinující oceli také přejímka PKO, která se realizuje v rozsahu a způsobem, podle kapitoly 19 B. Pokud není protikorozní ochrana ocelové konstrukce z patinující oceli ukončena, nemůže být ukončena montážní prohlídka. Součástí zápisu z montážní prohlídky jsou doklady o ukončení montážní PKO (povlaky PKO), včetně vyplněných Rodných listů PKO dílců/konstrukce (Protokol o provedení PKO).

Kvalifikace pracovníka kontroly, provádějícího montážní prohlídku, musí splňovat požadavky Tabulky 1.

1.7 Zápis z hlavní prohlídky v době uvedení do provozu

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce zápis z hlavní prohlídky ocelové konstrukce v době uvedení do provozu (první hlavní prohlídka).

První hlavní prohlídka mostu

Pro provedení první hlavní prohlídky platí článek 19.A.8 kapitoly 19 A TKP.

Kromě dodržení stanovených zásad podle kapitoly 19 A TKP se v rámci první hlavní prohlídky kontrolují doklady podle článku 1.2.2.5, 1.3 a 1.11 této metodiky. V případě nechráněné ocelové konstrukce z patinující oceli se vyplňují doklady o počátečním stavu ocelové konstrukce.

Kvalifikace pracovníka kontroly, provádějícího první hlavní prohlídku, musí splňovat požadavky podle Tabulky 1.

1.8 Zápis z předání a převzetí stavby

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce zápis z předání a převzetí stavby. V tomto zápisu mohou být uvedeny některé podmínky, za kterých je povoleno zahájení provozu (po ocelové konstrukci v případě mostů).

1.9 Protokoly geodetického zaměření konstrukce

Soudní znalec musí obdržet k posouzení ocelové konstrukce protokoly o zaměření tvaru, popřípadě deformaci ocelové konstrukce apod. V případě ocelových mostních konstrukcí jsou zřízeny pevné body na ocelové konstrukci, které umožňují sledování chování ocelové konstrukce po celou dobu životnosti (100 let).

1.10 Výsledky měření tloušťky ocelových profilů

Soudní znalec pro vyhodnocení oslabení tloušťky ocelové konstrukce obdrží zaměření ocelových profilů podle metodiky uvedené v článku 1.2.2.5.

1.11 Zápis z hlavních prohlídek, běžných a mimořádných prohlídek, včetně příloh

Soudní znalec pro posouzení chování ocelové konstrukce obdrží zápisy z hlavních a běžných popřípadě provedených mimořádných prohlídek ocelové konstrukce. Zápisy musí být vypracovány podle níže uvedené metodiky. Soudní znalec provádí osobně zápis z mimořádné prohlídky ocelové konstrukce.

Obecně

Na základě realizovaných prohlídek konstrukcí vyrobených z patinující oceli, jejich výsledky potvrzují, že tyto konstrukce vyžadují speciální způsob údržby a kvalifikované provádění prohlídek, minimálně po dobu prvních 10-ti let jejich životnosti. V této době by se v reálných podmínkách prostředí (expozice) měla stabilizovat ochranná schopnost patinující oceli vytvářet na svém povrchu ochrannou vrstvu. Pokud k tomu nedojde během prvních 10-ti let životnosti ocelové konstrukce, za dané údržby pozemní komunikace, nedojde k tomu s vysokou pravděpodobností nikdy a ocelová konstrukce musí být opatřena dodatečně povlakem PKO. Na druhou stranu je třeba upozornit na fakt, že jestliže se na patinující ocel aplikuje dodatečně povlak PKO, je aplikován na nerovný, členitý, ve velké většině důlky poškozený povrch oceli. Z tohoto důvodu se musí věnovat zvýšená pozornost přípravě ocelového podkladu před dodatečným povlakem PKO. Současně musí být po otryskání povrchu ověřena zbytková tloušťka ocelového profilu/svarů/šroubových spojů se statickým výpočtem ocelové konstrukce.

V případě, že není splněna minimální tloušťka ocelových profilů, nebo povrch oceli vykazuje rozdílné tloušťky, je třeba ocelovou konstrukci posoudit na základě statického přepočtu.

Běžná prohlídka

Běžná prohlídka ocelové mostní konstrukce z patinující oceli v nechráněném stavu nebo s částečnou PKO je v prvních 10-ti letech její životnosti se zaměřuje správcem pozemní komunikace na plnění podmínek záruk zhotovitele, tj. na kontrolu provádění údržby. V případě neplnění podmínek zhotovitelem stavby, je třeba písemně uplatňovat její plnění. V případě, že nebude splněn roční cyklus údržby, prodlužuje se záruční doba o 1 rok.

V dalších letech životnosti ocelové konstrukce zajišťuje správce mostního objektu běžné prohlídky se zaměřením na vytipovaná kritická místa v prvních 10-ti letech expozice ocelové konstrukce. Předepsaný rozsah kontroly:

- kontrola stavu těsnosti mostního závěru a vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti zápis a oprava)
- kontrola stavu těsnosti izolace mostu a vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti zápis a oprava)
- kontrola těsnosti odvodňovacího zařízení mostu, včetně svodů, vliv na stav OK mostu (v případě netěsnosti zápis a oprava)
- kontrola těsnosti svarů (v případě netěsnosti zápis a oprava)
- ve vytipovaných místech z prvních 10-ti let expozice ocelové konstrukce: kontrola stavu znečištění ocelové konstrukce, zejména spadu, nečistot, vegetace z povrchu celé ocelové konstrukce k 1.prosinci.
- kontrola stavu solných výluhů na ocelové konstrukci po zimní údržbě, zápis v případě výskytu solí.
- kontrola stavu PKO v rozsahu hodnocení podle Přílohy 19B.P8 kapitoly 19 B TKP.

Hlavní prohlídka, způsob vyhodnocení korozního chování ocelové konstrukce

Hlavní prohlídka ocelové mostní konstrukce z patinující oceli se provádí podle standardu ČSN 73 6221, v rozsahu podle této metodiky.

Rozsah a zápis z hlavní prohlídky je stanoven podle ČSN 73 6221 s tím, že s ohledem na speciální jakost oceli se hlavní prohlídka rozšiřuje o další speciální činnost, uvedenou v následujících bodech. Výsledky této speciální činnosti se povinně popíší do Protokolu o hlavní prohlídce, Tabulka 22, který je součástí zápisu z hlavní prohlídky. Zápisem musí být vyloučeny negativní důsledky stavu ocelové konstrukce, mající vliv na bezpečnost provozu na pozemní komunikaci/životnost ocelové konstrukce, musí být stanovena jmenovitá opatření z prohlídky vyplývající.

Hlavní prohlídka mostního objektu z patinující oceli se provádí každé 2 roky v prvních 10-ti letech životnosti ocelové konstrukce. Před skončením záruční doby se výsledky z hlavní prohlídky mostu po prvních 10-ti letech použijí jako podklad pro uplatnění záruky zhotovitele. V následujících 10-ti letech je možné periodu hlavních prohlídek prodloužit na každé 3 roky. V případě, že nebudou zjištěny žádné výskyty závad během běžných prohlídek, je možné po 20-ti letech životnosti ocelové konstrukce přistoupit k provádění hlavních prohlídek každých 5 let.

Kvalifikace pracovníka, provádějícího hlavní prohlídku mostu z patinující oceli v nechráněném stavu nebo s částečnou PKO, je uvedena v Tabulce 1.

V případě NDT kontroly základního materiálu/svarů je požadavek na kvalifikaci pracovníka, provádějícího kontrolu stanoven v TKP kapitole 19 Ocelové mosty a konstrukce. Pracovník, provádějící měření korozních úbytků základního materiálu/svarů, musí být kvalifikován min. ve stupni způsobilosti I v souladu s ČSN EN 473, nebo se souhlasem objednatele, musí být prokazatelně certifikován podle požadavků standardu Certifikačního sdružení pro NDT personál č. Std-201 APC / Měření tloušťek ultrazvukovými tloušťkoměry (UTT). Pro řízení činností souvisejících s měřeními a vyhodnocením platí požadavky ČSN EN 473 – stupeň způsobilosti 3.

Rozsah hlavní prohlídky mostu

Hlavní prohlídka konstrukce mostního objektu z patinující oceli se skládá kromě běžné náplně hlavní prohlídky podle ČSN 73 62 21 také z těchto speciálních částí:

- *Část I. Posouzení stavu údržby ocelové konstrukce a vliv údržby na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli (stav OK u mostních závěrů, odvodňovačů, mostních ložisek, posouzení dodatečných stavebních zásahů, stav spadu, nečistot, vegetace, ptáčího trusu apod.). Součástí této části je vyhodnocení stavu údržby. Výsledky budou uvedeny do Protokolu hlavní prohlídky, Tabulka 22*
- *Část II. Posouzení stavu ocelové mostní konstrukce podle Obrazového katalogu vad a poruch, včetně stavu koroze svarů. V případě, že se během vizuální prohlídky zjistí poruchy základního materiálu/svarů, provede se NDT kontrola základního materiálu/svarů podle metodiky uvedené v článku 1.2.2.5. Posouzení korozního poškození svarů se uvede podle Tabulky 21. Výsledky budou uvedeny do Protokolu hlavní prohlídky, Tabulka 22*
- *Část III. Posouzení a záznam stavu poruch patinující oceli v Protokolu hlavní prohlídky, Tabulka 22*
- *Část IV. Posouzení vývoje ochranné vrstvy patinující oceli podle etalonu korozního poškození (stupeň 1 až 5), vyplněním protokolu podle Tabulky 20*
- *Část V. Měření korozního poškození oceli/svarů ocelové konstrukce podle metodiky uvedené v Příloze 4 těchto TP. Výsledky budou uvedeny do Protokolu hlavní prohlídky podle článku 1.2.2.5, Tabulka 22*
- *Část VI. Posouzení Projektové specifikace NO nebo částečné PKO (pracovník posoudí správnost specifikace parametrů konstrukce z patinující oceli na základě reálných zjištění), podle článku 1.2. Výsledky budou uvedeny do Protokolu hlavní prohlídky, Tabulka 22*

V případě zjištění místního korozního poškození nosných částí ocelové mostní konstrukce při provádění prohlídek podle ČSN 73 6221 vedoucí hlavní prohlídky:

- *vyhodnocuje příčinu korozního poškození oceli/svarů ocelové konstrukce*
- *zajišťuje statický přepoččet ocelové konstrukce*

Na základě statického přepočtu vedoucí hlavní prohlídky dále posuzuje stav ocelové konstrukce. Současně navrhuje způsob opravy příslušné části ocelové konstrukce s tím, že musí být uvažována plánovaná životnost ocelové konstrukce.

Výsledek posouzení uvede vedoucí hlavní prohlídky do Protokolu hlavní prohlídky, včetně návrhu bezpečnostních opatření, Tabulka 22. Správce komunikace následně rozhodne o jejich provedení.

Statický přepočet ocelové konstrukce z patinující oceli se vyžaduje vždy v těchto případech:

- *změny tloušťky ocelového profilu větší než 1 mm*
- *je zjištěn výskyt důlkové nebo štěrbinové koroze*
- *ocelový povrch byl zařazen do stupně 1,2,3 podle etalonu korozního poškození oceli*
- *bylo zjištěno korozní poškození svarů podle etalonu svarů SV1, SV2, SV3, SV4, SV5, SV6 nebo trhliny ve svarech, nebo jiné nepřípustné vady podle ČSN EN ISO 5817 (vždy se posuzuje předepsaná jakost svaru, pro mostní objekty platí B⁺)*
- *nebyly splněny podmínky dodávky předepsané tloušťky základního materiálu nebo nebyl dodržen přídavek na tloušťku profilu pro konstrukce z patinující oceli + 2 mm nebo oslabení tloušťky prvku je lokálně významné s ohledem na návrh ocelové konstrukce.*

Hlavní prohlídka se realizuje z revizního zařízení a to přímým kontaktem s povrchem ocelové konstrukce.

Zápis z hlavní prohlídky se vyhotoví podle stanovené metodiky. Zápisem musí být vyloučeny negativní důsledky stavu ocelové konstrukce, mající vliv na bezpečnost provozu na pozemní komunikaci/životnost ocelové konstrukce, musí být stanovena jmenovitá opatření z prohlídky vyplývající.

Mimořádná prohlídka

Mimořádná prohlídka se provádí před skončením záruční doby (jako podklad pro kontrolu plnění záručních podmínek), v případě vypracování znaleckého/expertního posudku v popsáném rozsahu a v ostatních stanovených případech podle ČSN 73 6221.

Mimořádná prohlídka mostního objektu se také realizuje maximálně do 1 měsíce od zjištění těchto případů:

- *jestliže při běžné prohlídce prováděné správcem mostu jsou zjištěny nesplněné podmínky údržby ze strany zhotovitele stavby*
- *je zjištěno nepřípustné korozní poškození základního materiálu podle Etalonu korozního poškození oceli podle Tabulky 20 (neprodleně)*
- *jsou zjištěny náhodné poruchy svarů, rozpad svarů nebo trhliny ve svarech (neprodleně), které jsou v rozporu s předepsanou jakostí svaru podle ČSN EN ISO 5817, nebo jsou zjištěny vady svarů podle etalonu korozního poškození svaru podle Tabulky 21*
- *jsou zjištěna místa aktivního zatékání roztoku s CH.R.L (izolací, odvodňovači, rozvodem potrubí odvodňovačů, mostním závěrem, netěsným svarem mostovky apod.)*
- *jsou zjištěny poruchy podle Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli*

Mimořádná prohlídka se provádí z revizního zařízení a to přímým kontaktem s povrchem ocelové konstrukce.

Mimořádná prohlídka ocelového mostního objektu vyrobeného z patinující oceli se provádí v základní části podle ČSN 73 6221, dále v rozsahu a za podmínek podle uvedené speciální metodiky.

Zápis z mimořádné prohlídky se vyhotoví podle metodiky pro hlavní prohlídku s tím, že musí být v zápise uvedeny důvody konání mimořádné prohlídky. Zápisem musí být vyloučeny negativní důsledky stavu ocelové konstrukce, mající vliv na bezpečnost provozu na pozemní komunikaci/životnost ocelové konstrukce, musí být stanovena jmenovitá opatření z prohlídky vyplývající.

Formulář, do kterého se uvádí výsledky speciální části mimořádné prohlídky konstrukce, se skládá z tabulkové části podle vzoru Tabulka 22. Tabulková část se vyplňuje podle tvaru a počtu polí ocelové konstrukce. Pro přehlednost vyhodnocení tvorby ochranné vrstvy oceli a vad a poruch oceli/svarů byl zvolen barevný záznam. Záznam umožňuje porovnání vývoje ochranné vrstvy na povrchu ocelové konstrukce. Příklad vyplněného Protokolu hlavní prohlídky ocelové mostní konstrukce je uveden v Tabulce 22 dalšího textu.

Statický přepoččet ocelové konstrukce z patinující oceli se vyžaduje vždy v těchto případech závěrů mimořádné prohlídky:

- *změny tloušťky ocelového profilu větší než 1 mm*
- *je zjištěn výskyt důlkové nebo štěrbinové koroze*
- *ocelový povrch byl zařazen do stupně 1,2,3 podle etalonu korozního poškození oceli*
- *bylo zjištěno korozní poškození svarů podle etalonu svarů SV1, SV2, SV3, SV4, SV5, SV6 nebo trhliny ve svarech, nebo jiné nepřípustné vady podle ČSN EN ISO 5817 (vždy se posuzuje předepsaná jakost svaru, pro mostní objekty platí B⁺)*
- *nebyly splněny podmínky dodávky předepsané tloušťky základního materiálu nebo nebyl dodržen přídavek na tloušťku profilu pro konstrukce z patinující oceli + 2 mm nebo oslabení tloušťky prvku je lokálně významné s ohledem na návrh ocelové konstrukce.*

Část ocelové konstrukce – vnější plocha komor

Pole	Horní pásnice levá	Stěna levá	Dolní pásnice	Stěna pravá	Horní pásnice pravá
1	Nerovnoměrná koroze. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost Výrazné okuje.	Nerovnoměrná koroze. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost Výrazné okuje.	Nerovnoměrná koroze. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost. Koroze spoje odvodnění komor.	Nerovnoměrná koroze. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost. Výrazné okuje.	Nerovnoměrná koroze.
2	Nerovnoměrná koroze.	Nerovnoměrná koroze pod prostupy odvodňovačů, nerovnoměrná kondenzace vody 0,5-1 m pod horní pásnicí, stékání vody. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost.	Nerovnoměrná koroze. Trubičky odvodnění komory z oceli nedoložené jakostí – galvan. článek. Chybné svary napojení zarážek proti stékání vody nad pilíři; neidentifikovatelná jakost materiálu zarážek.	Nerovnoměrná koroze pod prostupy odvodňovačů. Nevstřícnost montážního svarového styku 2-3 mm. Jakost svarů nevyhovuje předpisu. Výrazné okuje.	Nerovnoměrná koroze. Výtok korozních zplodin mezi horní pásnicí a betonovou deskou.
3	Nerovnoměrná koroze.	Nerovnoměrná koroze. Nestojná šířka montážního svaru. Nevýhovuje předepsané jakosti, struska.	Nerovnoměrná koroze. Kondenzace a zadržování vody na odvětrávacím otvoru. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost. Vyskyt grafitového tuku. Struska na svaru. Vady svarů zarážek nad ložisky.	Nerovnoměrná koroze, výrazné seslazení. Nevstřícnost montážního svaru po délce svaru. Nevstřícnost předepsané jakosti. Nerovnoměrná šířka montážního svaru po délce svaru.	Nerovnoměrná koroze. Výtok korozních zplodin mezi horní pásnicí a betonovou deskou. Výlupy z mostovky.
4	Nerovnoměrná koroze.	Nerovnoměrná koroze. Nestojná šířka montážního svaru. Převýšení a povýšení svarů - nevyhovuje předepsané jakosti.	Začínající důlková koroze. Nevstřícnost položek v montážním styku. Navarovaná hrana 3-5mm dl. 100 mm, bez kontroly NDT. Chybi svary u odvodnění komor. Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři.	Nerovnoměrná koroze, výrazné kondenzáty. Vady svarů - nevyhovuje předepsaná jakost. Nevstřícnost položek v montážním styku.	Nerovnoměrná koroze.

Záznam výsledků závadové prohlídky

A.1. Stav ocelové mostní konstrukce, pravý most

B.1. Stupeň korozního poškození oceli, podle etalonu, Tabulka 2 a svari Tabulka 3 podle TP - pravý most
Část ocelové konstrukce – vnější plocha komor

Pole	Horní pásnice levá	Stěna levá	Dolní pásnice	Stěna pravá	Horní pásnice pravá
1	Stupeň 2 u okuji. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Stěna ovlhčená kondenzovanou vodou vysychá od dolní pásnice do 1/3 až 2/3 výšky stěny – horní část trvale ovlhčena. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji.
2	Stupeň 2 u okuji.	Stupeň 2 u okuji. Stupeň 3 do 1/3 pole. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Stupeň 3 do 1/3 pole Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Stupeň 3 do 1/3 pole. Stěna ovlhčená kondenzovanou vodou vysychá od dolní pásnice do 1/3 až 2/3 výšky stěny – horní část trvale ovlhčena.	Stupeň 2 u okuji.
3	Nerovnoměrná tvorba koroze.	Stupeň 4 u stěčen. Na svařech tmavší odstín koroze.	Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Stěna ovlhčená kondenzovanou vodou vysychá od dolní pásnice do 1/3 až 2/3 výšky stěny – horní část trvale ovlhčena. Na svařech tmavší odstín koroze.	Nerovnoměrná tvorba koroze.
4		Na svařech tmavší odstín koroze.	Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stěna ovlhčená kondenzovanou vodou vysychá od dolní pásnice do 1/3 až 2/3 výšky stěny – horní část trvale ovlhčena. Na svařech tmavší odstín koroze.	
5		Stupeň 2 u okuji. Stupeň 4 pod podélným dílenským svařem stěny. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Zhoršené vysychání kondenzované vody mezi zarážkami nad pilíři. Na svařech tmavší odstín koroze.	Stupeň 2 u okuji. Na svařech tmavší odstín koroze. Stěna ovlhčená kondenzovanou vodou vysychá od dolní pásnice do 1/3 až 2/3 výšky stěny – horní část trvale ovlhčena.	

Další částí mostu:	Typ	Popis zjištěných vizuálních závad
Mostní závěry – pravý most		
1	Výplní se typ	Výplní se
Mostní závěry – levý most		
1	Výplní se typ	Výplní se
Opěry a pilíře, popis stavu		
Mostní ložiska (stav, PKO, připojení, měření)	monolitický beton	Místní znečištění tmelem z bednění. Kaverny v povrchu betonu.
	Výplní se typ	Výplní se
Deska mostovky, ŽB		
Systém odvodnění mostovky		Četné trhliny v dolní ploše desky levého mostu sanovány zřejmě injektáží a tmelem na povrchu betonu. Místní výtoky mezi deskou a horní pásnicí OK – nutno ověřit po zimním období funkčnost izolace mostovky
Rozmístění kontrolních měřících bodů pro stanovení oslabení tloušťek profilů koroze		Potrubím do vnitřních komor mostu, místně zjištěna netěsnost propustem mezi ŽB deskou a zatěká spoj odvodňovačů uvnitř komor.
		Umístění měřících ploch se provádí podle TP Příloha 4 na ocelové mostní konstrukci před uvedením mostu do provozu a před předávacím řízením. Místa stanovuje objednatel ve spolupráci s korozním specialistou.

A. Seznam prohlídkou zjištěných chyb navržení detailů OK a příslušenství mostu (příklady závad)

1. Chybně navržený svar mezi stěnou a dolní pásnicí OK – stěna měla být přetažena přes dolní pásnici a vytvářet okapní nos.
2. Chybně navržený svar mezi stěnou a dolní pásnicí – bez průvahu kořene, částečná provášená tupý svar do 1/2 tl. stěny. Při prohlídce byly zjištěny vady tohoto svaru – studený spoj, malá tloušťka svaru, póry i rádkové záplavy. Ideální řešení je dle přílohy 4 – svařit okapní nos nad pásnicí a přetažit stěnu přes pásnici.
3. Chybně navržený nezabroušený podélný dílenský svar stěny, vytváří okapnici propouštění vody.
4. Chybně navržený detail spojení dvou tloušťek horních pásnic (koutový svar těsnici) bez kontroly mezer, nekontaktní spoj vlivem deformací od svařování trnů.
5. Možnost vzniku galvanické koroze z důvodu kombinací materiálů horní pásnice a sprahovacích trnů a šroubovaných spojů ložisek.
6. S ohledem na sklon stěn dochází k nerovnoměrné kondenzaci vody po délce OK, v horní 1/3 výšky stěny voda nevysychá.
7. Vlivem hlubokého údolí a prudkých větrů dochází ke strhávání dešťových srážek na vnější stěny komorových profilů (zejména levá komora, levá stěna).
8. Chybně provedené zarážky u ložisek, kombinace nevhodného přidavného materiálu a profilů. Kondenzovaná voda v prostoru nad ložisky obtížně vysychá.
9. Chybně provedené odvětrávání komor – vzduch nemůže cirkulovat z důvodu prostupů odvodňovačů v těchto místech.
10. Přidávek profilů na oslabení koroze nebyl proveden. Výpočet je doložen na úbytek 100 µm po dobu 100 let, což je chybné.

B. Doporučení pro jejich opravu/nápravu

1. Vady je možno odstranit pouze ty, které jsou uvedeny pod číslem: 9 a to obtížně (s ohledem na řešení odvodňovačů).
2. Ostatní vady výrazně sníží životnost ocelové mostní konstrukce.

C. Vady z výstavby, které je nutno odstranit v době předání a převzetí stavby

1. Chybně provedené svary dílenské i montážní převýšené, navarované, vruby, zápalý, struska, póry, chybně provedené ukončení hran po pálení, záseky. Svary je nutno opravit po jejich celkovém očištění, kdy budou svary znovu prohlédnuty. Vady musí být pro opravy označeny, protože v současné době obsahují vrstvu koroze, která snižuje viditelnost vad.
2. Nutno doložit jakost přidavného materiálu pro svařování, WPQR, WPS a atesty. Následně je třeba provést diagnostiku skutečné provedené jakosti svařů, včetně odběru vzorků.
3. Ponechané okraje na profilech stěn a dolních i horních pásnic je nutno beze zbytku odstranit.
4. Chybně provedené odvodňovací trubičky komor, nutno ověřit jakost materiálů, svařů a vady svařů opravit.

5. Je nutno opravit vady svarů zarážek proti stékání vody u podpěr, včetně ověření jakosti základního materiálu zarážek.
6. Znečištění OK po výsuvu a po betonáži desky, včetně nerovnoměrné tvorby patiny, zátoků vody. Pro zajištění rovnoměrné tvorby patiny je nutno povrch očistit a sjednotit – omýt tlakovou vodou, otryskáním apod.
7. Není dokončena kontrola tvaru OK mostu a uložení na mostní ložiska (chybí veškerá zaměření pro montážní prohlídku po betonáži desky a po podliti ložisek). Doklady doložit, měření je nutno ověřit kontrolním měřením.
8. Není dokončena kontrola a přejímka PKO z důvodu chybějících dokladů a zaměření flouštek vrstev, včetně nepřístupnosti ve vnitřních prostorech (montáž odvodňovačů, sklad kmoť apod.). Veškeré doklady je nutno doložit a následně provést kontrolu stavu PKO po vyklizení prostoru komor.
9. Ocelová mostní konstrukce není opatřena firemním znakem a datem výroby. Nutno doplnit.

D. Seznam fotodokumentace

Právý most

Pole 1: 4850 – 4928

Pole 2: 4929 - 4961

Pole 3: 4962 - 5006

Pole 4: 5007 - 5051

E. Seznam odebraných vzorků

1. Nebyly odebrány ani instalovány žádné vzorky.

F. Seznam protokolů s rozborů vzorků/analýzy vzorků

1. Nebyly odebrány žádné vzorky.

G. Měření úbytků profilů oceli podle Přílohy 4 TP

Je součástí Protokolu, Příloha 2.

H. Výsledky NDT kontrol základního materiálu/ svarů

Je součástí Protokolu, Příloha 3.

Závěr: Ocelová konstrukce mostního objektu splňuje/nesplňuje (nutno stanovit pokyny pro odstranění závad) požadavky TP Ocelové mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, Je třeba/není třeba zajistit opatření pro zajištění bezpečného provozu na pozemní komunikaci.

Jméno, podpis, kvalifikace pracovníka, provádějícího hlavní prohlídku

Další doplňující informace

1.12 Zápis z prováděné údržby konstrukce

Soudní znalec obdrží veškeré zápisy o prováděné údržbě ocelové konstrukce. O provedené údržbě uvádí zhotovitel stavby písemný zápis do deníku údržby, který je pro tyto účely zřízen, veden a uložen u správce komunikace, správce komunikace potvrzuje písemně každý zápis. Pracovník správce komunikace, který je zodpovědný za evidenci údržby je uveden v zápisu o předání a převzetí stavby/objektu. Zápisy se vyhotoví v rozsahu, který je stanoven článkem 1.3 Smluvní podmínky.

1.13 Místní šetření

Soudní znalec ověřuje veškeré skutečnosti, které zjistil v rámci shromáždění dokladů v části 1.1 až 1.12 Metodika, jak se má stav konstrukce vyhodnocovat při místním šetření je uvedena v těchto částech. Znalec postupuje formou mimořádné prohlídky ocelové konstrukce, v souladu s článkem 1.11.

Vyhotovuje doklady z místního šetření, které jsou předepsány, a to v těchto částech:

- 1.13.1 Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací*
 - 1.13.1.1 Vliv tvaru ocelové konstrukce, detailů, spojů na stav konstrukce*
 - 1.13.1.2 Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce*
 - 1.13.1.3 Vliv provedené povlakové protikorozi ochrany na stav konstrukce*
 - 1.13.1.4 Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima*
- 1.13.2 Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem*
- 1.13.3 Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození*
- 1.13.4 Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky*
- 1.13.5 Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle obrazového Katalogu vad a poruch*

2. Posudek

V posudku soudní znalec uvádí vyhodnocení části nálezu a vypracovává vlastní posudek na ocelovou konstrukci. Forma a členění se neliší od běžného znaleckého posudku.

2.1 Znalecký úkol, přesná citace

V této části posudku znalec přesně cituje zadání, které obdržel k vypracování posudku, ať již ve formě otázek, nebo jinou formou.

2.2 Systém zpracování výsledků nálezu do diagramu nálezu

Znalec zpracuje výsledky nálezu do přehledného diagramu nálezu, podle článku E.2.1, Schéma 3. Ze schématu je zřejmé, kde jsou možné příčiny zjištěných poruch.

2.3 Analýza jednotlivých příčin nálezu

Znalec zpracuje analýzu jednotlivých možných příčin nálezu a provede jejich rozbor. Příčiny jsou logické z vypracované metodiky posuzování ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli. Může ovšem nastat situace, že příčinou může být více aspektů. Všechny musí být znalcem uvedeny a posouzeny.

2.4 Vyhodnocení analýzy příčin

V této části znalec vyhodnocuje analýzu příčin poruch a vytváří zdůvodnění pro zjištěné konkrétní vady ocelové konstrukce. Popisuje pravděpodobný mechanismus vzniku poruchy nebo souběh jednotlivých vlivů pro vznik poruchy

2.5 Závěr posudku

Znalec uzavírá celý případ formou odpovědi na položené otázky z části 2.1 Znalecký úkol (nebo plní jinou formu požadavku na vypracování závěru posudku). Závěr musí být srozumitelný, jasný, logický a technicky zdůvodněný.

Za závěrem znalec posudek opatří veškerými formálními náležitostmi, datem, otiskem znalecké pečeti, jménem, adresou a podpisem znalce a znaleckou doložkou. Znalecký posudek sváže a na převazu opatří otiskem znalecké pečeti. Posudek musí být číslován (každý list), případný seznam příloh se zařadí za Závěr posudku, část 2.5. Případné přílohy musí být uvedeny v Obsahu posudku.

F ZÁVĚR

Smyslem disertační práce bylo vytvořit metodiku pro soudní znalce pro posuzování konstrukcí pozemních komunikací. Aby mohla být tato metodika vytvořena, bylo nutné nejprve sjednotit specifikace pro ocelové konstrukce obecně. Po stavby pozemních komunikací byly vypracovány technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce. Teprve potom bylo možné vytvořit speciální metodiku, a to pro speciální patinující oceli (oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi).

Hodnocení chování konstrukcí z patinující oceli a posuzování tvorby ochranné vrstvy oceli je náročným problémem. Vyžaduje širokou odbornou kvalifikaci v oboru stavebnictví, oboru ocelových konstrukcí, strojírenství, znalosti o materiálu a jeho svařování, v oboru koroze oceli, praxi a zkušenosti v prohlídkách ocelových konstrukcí. Protože způsob hodnocení povrchu oceli může být subjektivní a nemusí vždy znamenat shodu těch, kteří jej posuzují, bylo třeba vypracovat systém, kterým by se daly stupně koroze, zjištěné na povrchu oceli, zařadit. Současně bylo třeba hledat mezinárodní shodu hodnocení se systémy, které již částečně existují v Japonsku nebo v USA, pro oceli vyráběné v těchto zemích. Pokud bude systém funkční, bude to znamenat zájem o jeho použití i v Evropě.

Využití disertační práce v praxi je potřebné a nutné. Systém hodnocení konstrukcí z patinující oceli byl zapracován do technických podmínek ministerstva dopravy TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, které budou po jejich schválení v platnosti pro stavby pozemních komunikací již v roce 2008 [99]. Vypracovaná metodika je v současnosti překládána do anglického jazyka a je diskutována v zahraničí (předběžně se projednává spolupráce s The Highways Agency v UK). Obrazový katalog vad a poruch bude vydán na náklady firmy Mott MacDonald během září roku 2008 v anglické verzi pod názvem Mott MacDonald's Atlas of Corrosion. Weathering Steel [101].

Výzkumná práce zdaleka nekončí. Kromě diagnostiky ocelových konstrukcí je třeba pokračovat ve výzkumu chování patinující oceli s ohledem na důsledky jejího korozního poškození pro životnost konstrukce. Zůstávají nezodpovězeny další otázky, týkající se důvodů příčin korozního poškození: proč k poškození oceli dochází, v jakých souvislostech, v jakém čase, při jaké údržbě, při jaké venkovní expozici? Zůstává otevřena i problematika vývoje nových ocelí se schopností vytváření vlastní ochrany. Autor disertační práce v současnosti řeší výzkumný grant pro ministerstvo dopravy ČR, pod názvem 1F82C/012/910 Hodnocení zbytkové životnosti hlavních ocelových částí mostních konstrukcí z oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, práce budou ukončeny v roce 2009.

G SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Protože v rámci evropské normalizace (CEN) nebyly vydány žádné standardizované ukazatele pro navrhování, provádění, údržbu a vyhodnocení ocelových konstrukcí vyrobených z patinujících ocelí, byly pro vypracování disertační práce použity níže uvedené podklady, které jsou také v textu disertační práce citovány.

- [1] ALBRECHT P., NAEEMI A.H., *Performance of weathering steel in bridges*, Washington, D.C., Transportation Research Board, National Research Council, 1984, National Cooperative Highway Research Program Report 272, 164 s. ISSN 0077-5614, ISBN 0-309-03851-0
- [2] ALBRECHT P., COBURN S.K., WATTAR F.M., TINKLENBERG G.L., GALLAGHER W.P., *Guidelines for the use of weathering steel in bridges*. Washington, D.C., Transportation Research Board, National Research Council, 1989, National Cooperative Highway research Program Report 314, 98 s. ISSN 0077-5614, ISBN 0-309-04611-4
- [3] BRIDGE INSPECTION FIELD MANUAL, (Draft Version 1.1), St. Paul, Minnesota Department of Transportation, 2004, NBI Condition & Appraisal Ratings Pontis Element Ratings, 157 s.
- [4] MCKENZIE M. *The Corrosion of Weathering Steel under Real and Simulated Bridge Decks*. Washington, D.C., Department of Transport. Transport and Road Research Laboratory. 1991 Research Report 233, ISSN 0266-5247
- [5] MCKENZIE M. *Corrosion Protection: The Environment Created by Bridge Enclosure*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of Transport. 1991, Research Report 293, 87 s. ISSN 0266-5247
- [6] MCKENZIE M. *Monitoring of Weathering Steel Structures – The Induction Ultrasonic Thickness Tester*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of the Environment, Department of Transport. 1981, TRRL Laboratory Report 677, 90 s. ISSN 0305-1315
- [7] MCKENZIE M. *The Corrosion Performance of Weathering Steel in Highway Bridges*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of the Environment, Department of Transport. 1978, Laboratory Report 857, 76 s. ISSN 0305-1923
- [8] *Cost Benefit Analysis of Bridge Degradation*. Washington, D.C., US Department of the Interior, National Park Service, National Center for Preservation Technology and Training, 1995, Final report to Materials Research Program National center for Preservation Technology and Training. Publications No. 1995-15.
- [9] *Bridge Inspection Manual*. Columbus, Ohio Department of Transportation, 1998, 133 s.
- [10] *Quality Assurance Scheme for Paints and Similar Protective Coatings*. BD 35/06, Norwich, The Highways Agency, Crown, Her Majesty's Stationery Office, 2001, Design Manual for Roads and Bridges, 105 s. ISBN 0-11-552386-4
- [11] *Weathering Steel for Highway Structures*, BD 7/01, Design Manual for Roads and Bridges Volume 2 – Highway Structures Design (Substructures and Special Structures), Section 3 – Materials and Components, Norwich, Crown, Her Majesty's Stationery Office, The Highways Agency, 2001, ISBN 0-11-552377-4

- [12] *Surface Preparation Specification No.10* Near-White Blast Cleaning. National Association of Corrosion Engineers Endorsement 1985, Steel Structures Painting Council. March 1, 1985, p. 106-109
- [13] MCDAD Bashar, LAFFREY David C., DAMMANN Miskey, Ronald MEDLOCK D., P.E. *Performance of Weathering Steel in TxDOT Bridges*. Austin, A Research Project Conducted for the Texas Department of Transportation. June 2, 2000, Project 0-1818 Use of Weathering Steel in TxDOT Structures. 122 s.
- [14] KAMIMURA T., HARA S., MIZUKI H., YAMASHITA M., UCHIDA H. *Composition and Protective Ability of Rust Layer Formed on Weathering Steel Exposed to Various Environments*. Corrosion Science 48 p. 2799-2812, 29 November 2007, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [15] PENNEY David J., SULLIVAN James H., WORSLEY David A. *Investigation into The Effects of Metallic Coating Thickness on The Corrosion Properties of Zn-Al Alloys Galvanizing Coatings*. Corrosion Science 49 p. 1321-1339, 13 October 2006, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [16] HARA S., KAMIMURA T., MIYUKI H., YAMASHITA M. *Taxonomy for Protective Ability of Rust Layer Using its Composition Formed on Weathering Steel Bridge*. Corrosion Science 49 (2007), p. 1131-1142, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [17] MIYOGUCHI T., ISHII Y., OKADA T., KIMURA M., KIHARA H. *Magnetic Property Based Characterization of Rust on Weathering Steels*. Corrosion Science 47 (2005), p. 2477-2491, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [18] KIHARA H., SENUMA T., TANAKA M., NISHIOKA K., FUJII Y., SAKATA Y. *A Corrosion prediction method for weathering steels*. Corrosion Science 47, p. 2377-2390, 6 June 2005, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [19] LI Q.X., WANG Z.Y., HAN W., HAN E.H. *Characterization of The Rust Formed on Weathering Steel Exposed to Qinghai Salt Lake Atmosphere*. Corrosion Science 49 2007, doi:10.1016/j.corsci.2007.06.020, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [20] GARCÍA K.E., MORALES A.L., BARRERO C.A., GRENECHE J.M. *New Contributions to The Understanding of Rust Layer Formation in Steel Exposed to a Total Immersion Test*. Corrosion Science 48 p. 2813-2830, 8 November 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [21] HARA S., MIURA M., UCHIUMI Y., FUJIWARA T., YAMAMOTO M. *Suppression of Deicing Salt Corrosion of Weathering Steel Bridges by Washing*. Corrosion Science 47 p. 2419-2430, 6 June 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [22] EVANS J.E., ILES D.C. *Steel Bridge Group: Guidance Notes on Best Practise in Steel Bridge Construction*. Third issue, Ascot, Berkshire, The Steel Construction Institute, 2002, SCI Publication P185, 111 s.
- [23] TOWNSEND H.E. *Extending The Limits of Growth Through Development of Corrosion-Resistant Steel Products*. Corrosion-Vol. 55, No. 6, NACE International, 1999, 65 s., ISBN 0010-9312/99/000117
- [24] *Recommendations for The Inspection and Maintenance of Continental Steel Bridges*, Continental Bridge, 2000, 13 s.

- [25] MUELLER K., PH.D. *Weathering Steel – Question*. Modern Steel Construction Template, AISC, 2004, 14 s.
- [26] *Inspection Rating System for Tubular*, Carbon Cudenver, 2002, [on line], [cit. 7.3.2006], dostupné na [www: http://www.carbon.cudenver.edu/~krens/Introduction.htm](http://www.carbon.cudenver.edu/~krens/Introduction.htm)
- [27] LI Yan, Corrosion Behaviour of Hot Dip Zinc and Zinc-Aluminium Coatings on Steel in Seawater. *Bull. Mater. Sci., Vol.24, No.4*, 2001, p. 355-360
- [28] SYED S. *Atmospheric Corrosion of Materials*. Emirates Journal for Engineering Research, 11(1), 2006, p. 1-24
- [29] SACCO E.A., CULCASI J.D., ELSNER C.I., DI SARLI A.R. *Evaluation of The Protective Performance of Several Duplex Systems Exposed to Industrial Atmosphere*. Corrosion Science 47 p. 2499-2530, 6 June 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [30] CHOI Jong-Kyo, *Development of High Strength and High Performance Steels at Posco Though Hipers-21 Project*. POSCO, Pohang, Korea, 2003, 33 s.
- [31] KAGE I., MATSUI K., KAWABATA F. Minimum Maintenance Steel Plates and Their Application Technologies for Bridge – Life Cycle Cost Reduction Technologies with Environmental Safeguards for Preserving Social Infrastructura Assets. *JFE Technical Report No.5*, March 2005, *JFE GIHO No.5* (Aug.2004), p. 31-37.
- [32] KIMURA M., OHTA N., KIHIRA H., KITAJIMA Y. *State of Chlorine in Rust Formed on 3 Mass% Ni-Added Weathering Steel*, Materials Science, 2003, 32 s. ISSN 11B/2003C006.
- [33] KIMURA M., OHTA N., KIHIRA H., NOMURA M. *Fe(O,OH)₆ Network Nanostructure of Rust Formed on 3 Mass% Ni-Added Weathering Steel (II)*, *Nippon Steel Technical Report No. 87*, 2003, p. 185
- [34] PEART J.W. Unpainted Weathering Steel Bridges: Corrosion Mechanisms and Maintenance Alternatives. *Journal of Protective Coatings & Linings*, Jan.1991, p. 36-42. Federal Highway Administration, Materials Division,
- [35] *Performance of Weathering Steel in Highway Bridges*. A Third Phase Report. XIII.Exhibit A-1 až A-5 AISI, 2005, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: http://www.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&template=/CM/HTMLDisplay.cfm&url=/Content/ContentGroups/Construction2/Bridges/AISI_Construction](http://www.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&template=/CM/HTMLDisplay.cfm&url=/Content/ContentGroups/Construction2/Bridges/AISI_Construction)
- [36] *Guide Specification for Highway Bridge Fabrication With HPS 70W (HPS 485W) Steel*. 2nd Edition, AISI, 2003, 34 s.
- [37] *Uncoated Weathering Steel in Structures*. Technical Advisory, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 3 Oct 1989, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: http://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/techadvs/t514022.html](http://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/techadvs/t514022.html)
- [38] SCHROEDER Gerald, P.E., *Use of Direct Tension Indicators (DTIs) in Bridge Structural Steel*. Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 14 May 2003, [on line], [cit.20.1.2006], dostupné na [www: http://www.fhwa.dot.gov/bridge/dti.htm](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/dti.htm)
- [39] *High Performance Steel Designers' Guide*. 2nd Edition, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2002, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm)

- [40] Bridge Technology. Structural Fastener Questions & Answers. Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2000, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm)
- [41] *Steel Bridge Fabrication Technologies in Europe and Japan*. U.S., Report No. FHWA-PL-01-018, 64 s., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, 2001, [on line], [cit. 23.1.2006], dostupné na [www: http://www.fhwa.dot.gov/bridge](http://www.fhwa.dot.gov/bridge)
- [42] *Report on The 1997 Scanning Review of Asian Bridge Structures*. Research Results Digest No. 232, National Cooperative Highway Research Program, Nov 1998, 44 s.
- [43] *Steel Bridge Fabrication Guide Specification*, AASHTO/NSBA Steel Bridge Collaboration, 2002, 88 s.
- [44] GULLNAN J., Weathering Steels and Experiences of Their Use in Scandinavia. *XI^e Colloque, CEFRACOR, Paris 1982, Protection against Atmospheric corrosion*, p. 123-126
- [45] COOK D.C., *Bringing The Gap*. Catalyst 2001, [on line], [cit. 23.1.2006], dostupné na [www: http://www.cs.odu.edu/~vbanavar/catalyst/c2001/bgap.htm](http://www.cs.odu.edu/~vbanavar/catalyst/c2001/bgap.htm)
- [46] KIHARA H., YASUNAMI H., KUSUNOKI T., HARADA Y., TANAKA M., TAKEZAWA H., MATSUOKA K., TANABE K., 3% Ni-Advanced Weathering Steel and Its Applicability Assesing Method. *Nippon Steel Technical Report No. 90*, July 2004, p.33-38
- [47] KAWABATA F., MATSUI K., OBINATA T., KUMORI T., TAKEMURA M., KUBO T., Steel Plates for Bridge Use and Their Application Technologies. *JFE Technical Report No. 2*, Mar. 2004, p.85-90
- [48] *Steels for Modern Bridge Construction*. International Iron and Steel Institute, [on line], [cit 7.3.2006], dostupné na [www: http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=91](http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=91)
- [49] YUNOVICH M., THOMPSON N.G., BALVANYOS T., LAVE L., *Highway Bridges. Appendix D*. Report FHWA-RD-01-156, Sep. 2001, s. Di-Dxiii, D1-D74
- [50] ANTUNES R.A., COSTA I., LARAÚJO DE FARIA D., Characterization of Corrosion Product Formed on Steels in The First Months of Atmospheric Exposure. *Materials Research, 2003, Vol.6, No.3*, p. 403-408,
- [51] YAMASHITA M., NAGANO H., MISAWA T., TOWNSEND H.E., Structure of Protective Rust Layers Formed on Weathering Steels by Long-Term Exposure in The Industrial Atmospheres of Japan and North America. *ISIJ International, 1998, Vol.38, No.3*, p. 285-290
- [52] BALASUBRAMANIAM R., RAMESH KUMAR A.V., DILLMANN P., Characterization of Rust on Ancient Indian Iron, *Current Science, 2003, Vol.85, No.11*, p. 1546-1555
- [53] BALASUBRAMANIAM R., *The Corrosion Resistant Delhi Iron Pillar*, Department of Materials and Metallurgical Engineering IIT Kanpur, Kanpur 208016, India, 4 s.
- [54] KIMURA M., KIHARA H., Nanoscopic Mechanism of Protective Rust Formation on Weathering Steel Surfaces. *Nippon Steel Technical report No.91*, 2005, p.86-90
- [55] KIMURA M., X-ray Evanescent Diffraction: Application to Metal Surfaces. *The Rigaku Journal, 1999, Vol.16, No.1/1999*, p. 25-31
- [56] COOK D.C. & C OLL., *Condensed Matter and Materials Physics*. Research Group, Old Dominion University, Norfolk Virginia, USA, 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.physic.odu.edu/cmmp/](http://www.physic.odu.edu/cmmp/)

- [57] TOWNSEND H.E., SIMPSON T.C., JOHNSON G.L., Structure of Rust on Weathering Steel in Rural and Industrial Environments. *Corrosion-Vol. 50, No. 6*, NACE International, 1994, ISBN 0010-9312/94/000125
- [58] KIMURA M., SHIGESATO G., TANABE K., SUZUKI T., KIHIRA H., $\text{Fe}(\text{O},\text{OH})_6$ Network Structure of Rust Formed on Weathering Steel Surfaces and Its Relationship With Corrosion Resistance. *Nippon Steel Technical Report No. 87*, 2003, p. 17-20
- [59] STADLER S. & COLL., *The Electronic Structure of Tungsten Carbide*. Department of Physics Tulane University, New Orleans, USA, 1999, 22 s.
- [60] WOOD J., *Investigation of Nano-Phase Goethite and Its Role in Protective Rust Formation*. Submitted for review to The Undergraduate Committee c/o Honors College, 218 Education Building, Old Dominion University, 2004, 15 s.
- [61] COOK D.C., *Spectroscopic Identification of Protective and Non-Protective Corrosion Coatings on Steel Structures in Marine Environments*. *Corrosion Science* 47, 2005, p. 2550-2570, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [62] LAGODA M., WIERZBICKI T., Maintenance Strategies for Weathering Steel Bridges. *Proceedings of Sixth International Conference on Structural Faults and Repair*, 3rd July 1995, Venue Westminster Central Hall, London, p. 21-24
- [63] YOON T-Y., SEONG T-R., LEE J-K., High Performance Steel for Bridges in Korea, *The 3rd Civil Engineering Conference in the Asian Region*, Sheraton Grande Walkerhill, Seoul, Korea, August 16-19 2004, p. 315-317,
- [64] DILLING C.N., HUDSON R.M., Weathering Steel Bridges, *Bridge Engineering* 156 Issue BEI, 2003, p.39-44
- [65] Steel Composites Meet Bridge Cost Challenge, *Road Construction and Maintenance*, 2005, p. 022-024
- [66] *Inspection of Highway Structures, BD 63/07*, Design Manual for Roads and Bridges, Vol 3 - Highway Structures: Inspection and Maintenance, Section 1 – Inspection, Norwich, Crown, Her Majesty's Stationery Office, 2007, ISBN-13 978-0-11-552827-9, ISBN-10 0-11-552827-X
- [67] *Směrnice pro použití oceli ATMOfIX*, 1. Vydání, TEVÚH, 1978, 89 s.
- [68] VN 73 1466:1995, *Nosné konstrukce z patinujících oceli ATMOfIX*, Vítkovice a.s., 1995, v současnosti zrušena
- [69] KRAUS V., *Povrchy a jejich úpravy*, [on line], [cit. 20.11.2007], dostupné na [www: http://tzs.kmm.zcu.cz](http://tzs.kmm.zcu.cz)
- [70] NOVÁK P., Druhy koroze kovů. *Koroze a ochrana materiálu* 49(4), 2005, s. 75-82
- [71] NEVĚČNÝ P., Ochranné povlakové systémy. *Koroze a ochrana materiálu* 51(6), 2005, s. 44-46
- [72] PROŠEK T., *Konverzní a organické povlaky s chromem v oxidačním stavu VI a jejich alternativy*. *Koroze a ochrana materiálu* 49(2), 2005, s. 27- 33
- [73] KREIBICH V., *Teorie a technologie povrchových úprav*, ES ČVUT Praha, 1999
- [74] KALEDOVÁ A., TAMCHYNOVÁ P., Studium nátěrových systémů pro korozní ochranu kovových materiálů z hlediska výběru pojiv a pigmentů. *CHEMagazín* 1, 2003, s. 28-31
- [75] Povrchová ochrana oceli. FSV, *Konstrukce* 1/2006, s. 64-65,

- [76] ŠEVČÍKOVÁ J., KOCICH J., TULEJA S., BURŠÁK M., *Ochranné vlastnosti korozných vrstiev ocelí CORTEN v podmienkach mechanického namáhania*. Katedra náuky o materiáloch, Hutnícka fakulta Technickej univerzity, Košice, 1995, 6 s.
- [77] BYSTRIANSKÝ J., NOVÁK P., Použití oceli ATMOFIX pro mostní konstrukce, *Technický týdeník*, 1999, č.50
- [78] MARTINEC J., JANOVEC J., Svařování patinujících ocelí. *Konstrukce*, 20.3.2006, roč. 2/2006
- [79] PRŮŠA S., *Vývoj ToF Less spektrometru pro zkoumání povrchů a tenkých vrstev*. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně, 2006, Edice PhD Thesis, sv.383, ISSN 1213-4198
- [80] *High Performance Steels for Bridges: HPS 70W*. A Technical Overview of High Performance Steels for Bridges, International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2003, [on line],[cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [81] *Weathering Steel*. A Technical Overview of Weathering Steels for Bridges and General Construction, International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2004, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [82] *SPARTAN™: A710, NAVY HSLA-80/100 and HPS 100W Steels. High Strength, Alloy Steels with improved weldability and toughness*. International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2003, [on line],[cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [83] *DURACORR®. A Corrosion-Resistant Formable Life-Cycle Cost-Effective 12% Chromium Stainless Steel*. International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2004, [on line],[cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [84] *Bridges in Steel. The Use of Weathering steel in Bridges*, ECCS, CECM, EKS, Brussels, Belgium, No.81, 1992, 98 s. ISBN 92-9147-000-64
- [85] CORUS CONSTRUCTION & INDUSTRIAL *Corrosion Protection of Steel Bridges*, , Brigg Road, Scunthorpe, North Lincilnshire, UK, 2005, 108 s.
- [86] *A34 Atmospheric Corrosion Resistant Steels INDATEN®*, Arcelor, 13.9.2006, [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www.arcelor.com/fcse/prd_web/A34_EN.html](http://www.arcelor.com/fcse/prd_web/A34_EN.html)
- [87] NIPPON STEEL CORPORATION *Coastal Weathering Steel*, 2006, [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/](http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/)
- [88] NIPPON STEEL CORPORATION *Steel Plates. Technical document*, , 2006, [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/](http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/)
- [89] NIPPON STEEL CORPORATION *S-TEN. Sulfuric Acid and Hydrochloric Acid Dew-point Corrosion-resistant Steel. Technical document*, 2007, [on line], [cit. 11.1.2007] dostupné na http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/
- [90] MITTAL STEEL USA, *Plate steel specification guide 2006-2007* [on line] [cit. 11.1.2007], specifikace materiálu. Dostupné na [www: http://www.mittalsteel.com/documents/en/Inlandflats/ProductSpecification/ArcelorMittal_SPEC_Guide_March_2006.pdf](http://www.mittalsteel.com/documents/en/Inlandflats/ProductSpecification/ArcelorMittal_SPEC_Guide_March_2006.pdf)
- [91] FINNTRADING, *Manuál materiálů*, , 2007, [on line], [cit. 27.2.2007], dostupné na [www: http://www.aitom.cz/finntrading/produkty-manual-material](http://www.aitom.cz/finntrading/produkty-manual-material)
- [92] ČSN EN 10025-5 (42 0904) *Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí – Část 5: Technické dodací podmínky na konstrukční oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi*.2005
- [93] ČSN ISO 9223 (03 8203) *Koroze kovů a slitin. Korozní agresivita atmosféry. Klasifikace*.1994

- [94] ČSN 03 8260 (03 8260) *Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba*. 1985, v současnosti zrušena
- [95] ČSN 03 8260 – ZMĚNA 2 (03 8260) *Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba*. 1985, v současnosti zrušena
- [96] ČSN 03 8203 (03 8203) *Koroze kovů. Klasifikace korozní agresivity atmosféry*. 1980. 1984 v současnosti zrušena
- [97] BS 7668:2004 *Weldable Structural Steels – Hot Finished Structural Hollow Sections in Weather Resistant Steels – Specifications*.
- [98] ASTM G 101-04 *Standard Guide for Estimating The Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels*, 2004
- [99] POŠVÁŘOVÁ M., *TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinující oceli*. Technické podmínky staveb pozemních komunikací. 90 s. Praha, 2008 (v připomínkovém řízení ministerstva dopravy, bude vydáno v červnu 2008), Mott MacDonald na základě smlouvy s ministerstvem dopravy ČR
- [100] ŠEVČÍKOVÁ J., BOJKO M., HORŇAK P., ŠEVČÍK A., *Chemická analýza korozních vrstev ocele 15 217 po 20 roční korozní zkoušce v městské atmosféře*. Košice, 2002, HF TU
- [101] POŠVÁŘOVÁ M., *Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli*. Monografie. 100s. Praha, 2008, připravuje se k vydání
- [102] POŠVÁŘOVÁ M., *TKP kapitola 19, Ocelové mosty a konstrukce*. Monografie. 215s. Praha, 2008
- [103] ČSN ISO 11844-1 *Koroze kovů a slitin - Klasifikace vnitřních atmosfér s nízkou korozní agresivitou - Část 1: Stanovení a odhad korozní agresivity vnitřních atmosfér*, 2007
- [104] ČSN ISO 11844-2 *Koroze kovů a slitin - Klasifikace vnitřních atmosfér s nízkou korozní agresivitou - Část 2: Stanovení korozního napadení ve vnitřních atmosférách*, 2007
- [105] ČSN ISO 11844-3 *Koroze kovů a slitin - Klasifikace vnitřních atmosfér s nízkou korozní agresivitou - Část 3: Měření parametrů prostředí ovlivňujících korozní agresivitu vnitřních atmosfér*, 2007

H SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

V disertační práci byly použity tyto zkratky a symboly.

- „**AASHTO**“ – American Association of State Highway and Transportation Officials
- „**ASTM**“ (**American Society for Testing and Materials**) – Americká asociace pro zkušebnictví a materiály
- „**ATMOFIX**“ – česká obchodní značka pro patinující ocel, dodávaná podle ČSN 41 5217 (ATMOFIX A) a ČSN 41 5127 (ATMOFIX B).
- „**Corrosion Test J2334**“ – cyklický korozní test, používaný v automobilovém průmyslu USA a US Army, je uváděn z důvodu porovnání jakostí patinujících ocelí
- „**CH.R.L**“ – chemické rozmrazovací látky, v ČR 18 - 21 % roztok NaCl nebo CaCl₂, používá se podle pokynů Ředitelství silnic a dálnic ČR.
- „**koroze**“ – fyzikálně – chemická reakce kovu a prostředí, vedoucí ke změnám vlastností kovu a znehodnocení prostředí.
- „**korozní agresivita atmosféry**“ – schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému.
- „**korozní index I**“ – údaj, získaný výpočtem podle ASTM G 101-04. Určuje základní rozlišení způsobilosti patinující oceli vytvořit na svém povrchu ochrannou vrstvu.
- „**NCHRP**“ – National Cooperative Highway Research Program Report
- „**PAI index**“ (protective ability index) – údaj, získaný výpočtem podle vzorce, užívaný Japan Iron and Steel Federation (JISF) a Japan Association of Steel Bridge Construction (JASBC) pro stanovení ochranné vrstvy patinující oceli.
- „**patinující ocel (ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi podle ČSN EN 10025-5)**“ – dříve používaný název, nízkolegovaná konstrukční svařitelná ocel, se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.
- „**projektová specifikace NPO**“ – projektová specifikace nechráněné patinující oceli.
- „**PK**“ – pozemní komunikace.
- „**PO**“ – patinující ocel.
- „**RDS**“ – realizační dokumentace stavby.
- „**stupeň korozní agresivity atmosféry**“ – stupeň, vyjadřující intenzitu korozního působení v závislosti na obsahu škodlivých látek v atmosféře a na době ovlhčení povrchu kovu (termín a jeho definice, používaná ve VN 73 1466).
- „**TKP MD ČR**“ – technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací ministerstva dopravy České republiky
- „**TP MD ČR**“ – technické podmínky staveb pozemních komunikací ministerstva dopravy České republiky
- „**údržba OK**“ – činnost, kterou je zajištěna funkčnost ocelové konstrukce.
- „**ZDS**“ – zadávací dokumentace stavby
- „**životnost OK**“ – očekávaná doba funkce ocelové konstrukce.

J SEZNAM PŘÍLOH

OBRAZOVÝ KATALOG VAD A PORUCH KONSTRUKCÍ VYROBENÝCH Z PATINUJÍCÍ OCELI

(ukázka systémového členění)

J.1 Přehled a členění katalogu

Obrazový katalog vad byl sestaven na základě provedených prohlídek ocelových konstrukcí, mostů a lávek, během 2 let (2006 až 2007). Obsahuje originální stav ocelových konstrukcí, které byly vyrobeny z patinující oceli české výroby ATMOFIX A a ATMOFIX B v letech 1975 až 1994, kromě dvou ocelových mostních konstrukcí z dálnice D8, které byly vyrobeny a jsou provozovány od roku 2006.

Prohlídky na těchto konstrukcích byly realizovány z důvodu ověření metodiky prohlídek mostních konstrukcí, vyrobených z patinující oceli. Metodika je použita do technických podmínek TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobených z patinující oceli.

Obrazový katalog vad a poruch je členěn a číslován podle Katalogu závad mostních objektů pozemních komunikací ministerstva dopravy ČR. Číslování podskupin je potom přizpůsobeno zjištěným vadám a poruchám podle částí mostní konstrukce. Základní členění katalogu je uvedeno ve *Schématu 1*.

Jednotlivé katalogové listy jsou číslovány od čísla 1 až do čísla 54 a mají současně uvedené kódové označení identifikačního čísla vady podle identifikačního klíče.

Katalogové listy vad a poruch jsou určeny pro pracovníky, provádějící prohlídky mostů pozemních komunikací podle ČSN 73 6221. V přiměřeném rozsahu se mohou použít i pro provádění revizních prohlídek železničních mostů. Z tohoto důvodu jsou přizpůsobeny svým členěním metodice prohlídek, jsou rozděleny na spodní stavbu, nosnou konstrukci a mostní ložiska, včetně podélných odvodňovačů tak, jak prohlídka chronologicky probíhá. Pracovník, provádějící prohlídku, může charakter vady identifikovat podle místa nálezu.

Jednotlivé číslované vady obsahují popis vady, příčinu vzniku vady a stanovení, zda se jedná o zjevnou vadu. Vada musí být definována ve smluvní dokumentaci jako záruční vada, aby mohla být v rámci reklamačního řízení se zhotovitelem uplatněna. Specifikace záručních vad obsahují technické podmínky TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinující oceli. Katalogový list dále řeší možný vývoj vady a doporučuje technologii opravy vady a další způsob údržby ocelové konstrukce, aby bylo možné vadu eliminovat.

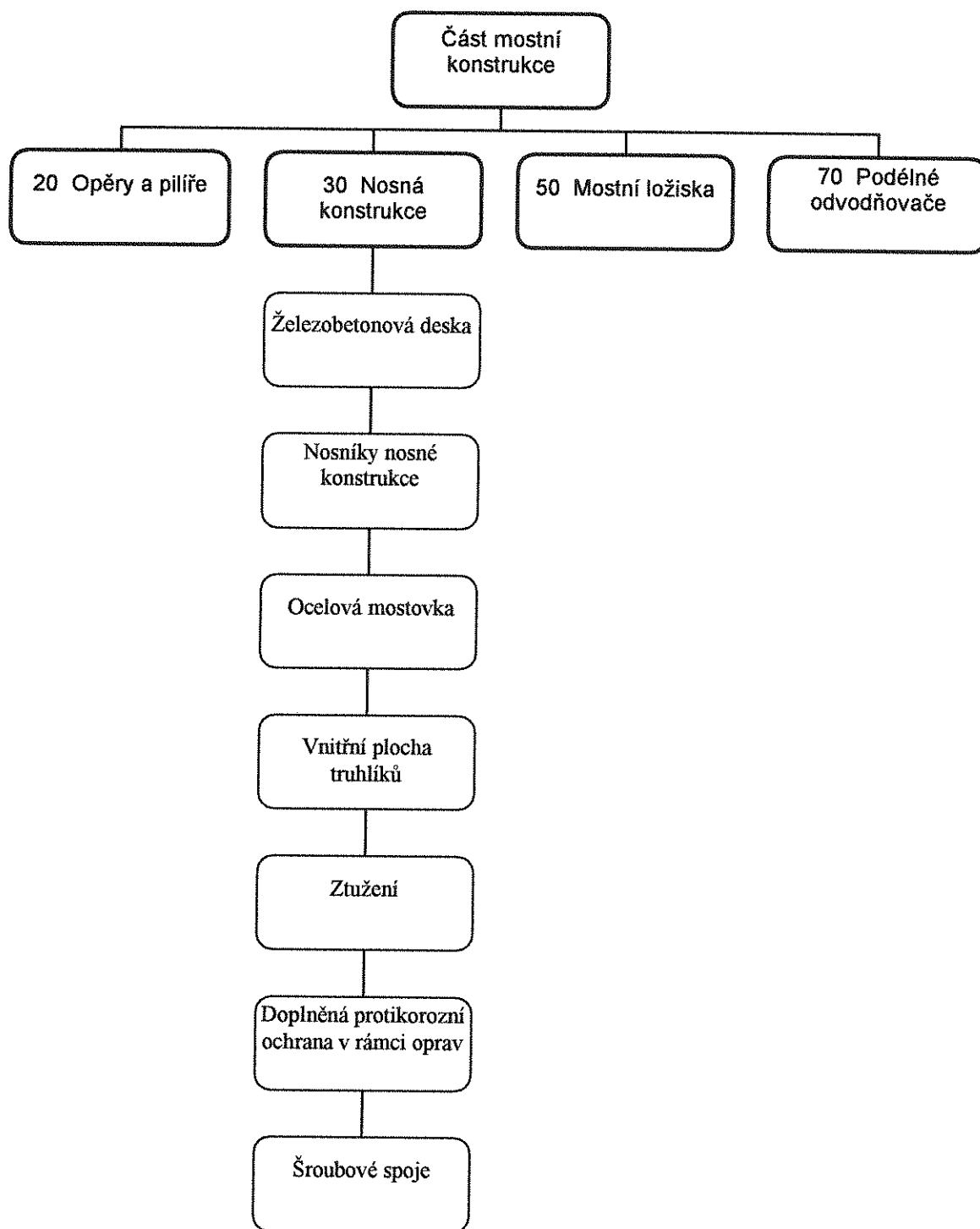


Schéma 1 - Základní členění Katalogu vad a poruch

J.2 Popis katalogového listu (jak používat katalog)

Konstrukční část mostu, číslo a popis části konstrukce

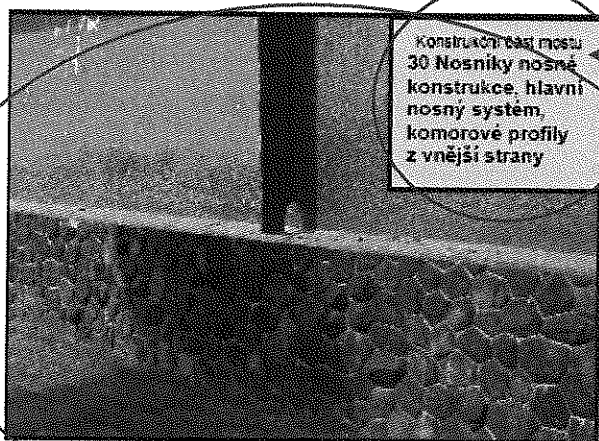
Katalogový list 19, část konstrukce 30 Nosníky nosné konstrukce, hlavní nosný systém, komorové profily z vnější strany
Ocelové nosy a konstrukce vyrobené z páleného oceli. Katalogový katalog vad a poruch 57/100

Číslo vady

19

Název vady

NEROVNOMĚRNÁ KOROZE ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU NA KONSTRUKCI



Konstrukční část mostu
30 Nosníky nosné
konstrukce, hlavní
nosný systém,
komorové profily
z vnější strany

Konstrukční část
mostu, číslo a popis
části konstrukce

Obrázek vady, její
výskyt a popis

Obrázek 19.1 – Rozdílná koroze na stěnách a pásnicích hlavního nosníku, výskyt a příčina.

Popis vady

Temná místa na stěnách, střídající se se světlejšími místy znamenají různý typ koroze základního materiálu, kdy částečně vzniká ochranná vrstva v některých místech, na jiných ochranná vrstva nevzniká.

Příčina vzniku. Stanovení, zda se jedná o zjevnou vadu

Nerovnoměrná koroze základního materiálu, způsobená různými vlivy od klimatických podmínek po technologické zásahy, místa náběhu po rovnání nebo chybné provedení otryskání plochy nebo nerovnoměrná kondenzace vodních par na konstrukci.

Vliv CH.R.L. – převážně solné mhy ze zemin údržby.

Není zjevná vada, může se projevit během prvních 5-10 let po zabudování konstrukce

Možný vývoj

Vytváření různých typů koroze, bez možnosti vytvoření rovnoměrné ochranné vrstvy koroze - patiny.

Návrh opravy, způsob údržby

1. Zjištění příčin rozdílného typu koroze.
2. V místech, kde není možné jiné řešení se provede doplňující protikorozi ochrana.

Popis vady, příčina vzniku,
možný vývoj a návrh opravy,
způsob údržby konstrukce

IC: 3345298

Kódové označení vady, je
třeba jej uvést při uvedení
vady

J.3 Katalogové listy - ukázka

Katalogový list č. 23, část konstrukce 30 Nosníky nosné konstrukce, hlavní nosný systém, komorové profily z vnější strany 61/100
Ocelové mosty a konstrukce vyrobené z pozinkované oceli. Fotografický katalog vad a poruch.

23

KOROZE PŘÍPOJŮ DIAGONÁL A SVISLIC PŘÍHRADOVÝCH MOSTŮ



Obrázek 23.1 - Oslabení stěny připojení svislice až o 20% tloušťky stěny.

Popis vady

Koroze po vrstvách nebo důlková koroze. Ochranná vrstva patinující oceli se nevytváří.

Příčina vzniku. Stanovení, zda se jedná o zjevnou vadu

1. Stékání vody po konstrukci, trvalá vlhkost.
2. Shromažďování a ukládání nečistot, listí, prachu, ve směsi s kondenzovanou vodou, nebo vodou z deště nebo sněžení, nemožnost odtoku, nedostatečná údržba, také možný vliv solí.
3. Chybně navržený konstrukční detail.

Zjevná vada

Možný vývoj

Koroze základního materiálu a spojů.

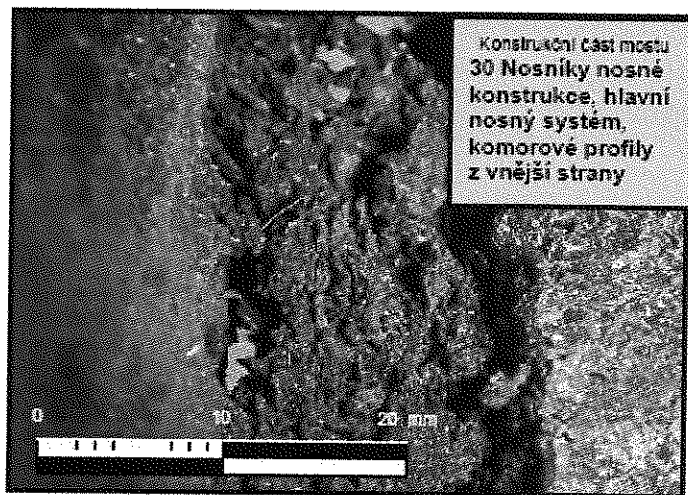
Návrh opravy, způsob údržby

1. Stanovení zbytkové tloušťky ocelových profilů, vyhodnocení oproti předpokladu. Stanovení protikorozních opatření. V případě nepřipustného oslabení tloušťky základního materiálu provést příslušné zesílení profilu po posouzení statickým výpočtem.
2. V případě chybného návrhu konstrukce nebo oslabení základního materiálu do nepřipustného stupně podle etalonu koroze, po provedení zesílení OK, dodatečná aplikace protikorozní ochrany dle pokynů v TP.

IČ: 3345294

14

ROZPAD SVARŮ VLIVEM KOROZE



Obrázek 14.1 – Rozpad výplňového svaru vlivem koroze.

Popis vady

Zvýšená koroze svarů. Ochranná vrstva patinující oceli na svaru se nevytváří.

Příčina vzniku. Stanovení, zda se jedná o zjevnou vadu

1. Chybně očištěný svar od strusky, vznik galvanické koroze pod zbytky strusky.
 2. Kombinace nebo užití nevhodného přídavného materiálu pro svařování, vznik galvanické koroze.
- Zjevná vada.

Možný vývoj

Další koroze svaru do jeho úplného rozpadu.

Návrh opravy, způsob údržby

1. Odstranění rozpadeného svaru a provedení svaru nového. Stanovení protikorozních opatření.
2. V případě nepřijatelného oslabení okolí svaru je nutno oslabení základního materiálu posoudit.
3. V případě vyhovujících hodnot základního materiálu a po provedení nového svaru provést doplnění protikorozní ochrany v souladu s TP.

IČ: 3345268