

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**ÚDRŽBA PROTİKOROZNÍ OCHRANY
OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

JAKUB DOUDA

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Douda** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **437283**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní a materiálové inženýrství**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Údržba protikorozní ochrany ocelových konstrukcí

Název diplomové práce anglicky:

Maintenance of corrosion protection of steel structures

Pokyny pro vypracování:

1. Rozbor problematiky protikorozní ochrany ocelových konstrukcí
2. Vady, příčiny a oprava protikorozní ochrany.
3. Webová aplikace problematiky protikorozní ochrany ocelových konstrukcí.
4. Návrh vhodné údržby protikorozní ochrany ocelových konstrukcí.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

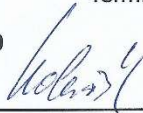
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **29.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **31.12.2020**


Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce



doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

14.7.2020
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Údržba protikorozní ochrany ocelových konstrukcí“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Praze dne

.....
Jakub Douša

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Kudláčkovi Ph.D, za pomoc, rady a poskytnutí literatury, důležité pro vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Zoubkovi za počáteční myšlenku struktury práce, literaturu a fotografie. Na závěr bych chtěl moc poděkovat svému dědečkovi Ing. Josefu Doudovi, který mi poskytl mnoho námětů a cenných informací z praxe.

Anotační list

Jméno autora: Jakub

Příjmení autora: Douda

Název práce česky: Údržba protikorozi ochrany ocelových konstrukcí

Název práce anglicky: Maintenance of corrosion protection of steel structures

Rozsah práce:
počet stran: 66
počet obrázků: 72
počet tabulek: 8
počet příloh: 0

Akademický rok: 2019/2020

Jazyk práce: čeština

Ústav: Ústav strojírenské technologie

Studijní program: Výrobní a materiálové inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jan Kudláček Ph.D

Oponent:

Konzultant práce:

Zadavatel: Ústav strojírenské technologie, Fakulta strojní, České vysoké učení technické v Praze

Anotace česky: Cílem této práce je popis konkrétních korozních problémů týkajících se ocelových konstrukcí, důvody jejich vzniku a následné možnosti řešení oprav. V úvodu se zabývá problematikou protikorozi ochrany. Dále se věnuje koroznímu prostředí, korozním zkouškám a údržbě. Výsledkem praktické části práce je encyklopedická část a webové stránky týkající se nejčastějších korozních problémů ocelových konstrukcí.

Anotace anglicky: The aim of this work is to determine the specific corrosion problems related to steel structures, the reasons for their occurrence and the subsequent possibility how to solve repairs. The introduction deals with the issue of corrosion protection. It also includes with the corrosion environment, corrosion tests and maintenance of corrosion protection. The result of the practical part of the work is an encyclopedia and a website concerning the most common corrosion problems of steel structures.

Klíčová slova: koroze, ocelové konstrukce, nátěry, předúpravy povrchu, vady svarů, vady nátěrů, šroubové spoje.

Využití: Webové stránky pro snazší rozpoznání konkrétní korozní vady na povrchu ocelové konstrukce.

Obsah

1 Úvod.....	8
1.1 Definice koroze.....	8
1.2 Základní rozdělení koroze.....	8
1.2.1 Koroze v elektrolytech.....	9
1.2.2 Chemická koroze.....	9
1.2.3 Ostatní typy koroze.....	10
1.2.4 Rovnoměrná koroze.....	10
1.2.5 Nerovnoměrná koroze.....	10
2 Druhy korozního prostředí.....	11
2.1 Korozní agresivita prostředí (atmosféry).....	12
3 Navrhování protikorozní ochrany ocelových konstrukcí a předúpravy povrchu.....	14
3.1 Obecné problémy koroze a protikorozní ochrany.....	14
3.2 Návrh konstrukce.....	14
3.3 Mechanické předúpravy povrchu materiálu.....	16
3.3.1 Tryskání (ČSN ISO 8504-2).....	16
3.3.2 Vysokotlaké tryskání vodou (ČSN EN ISO 8501-4).....	19
3.3.3 Čištění plamenem (ČSN EN ISO 8501-1).....	21
3.3.4 Broušení.....	21
3.3.5 Ruční mechanické čištění (ČSN EN ISO 8501-1).....	21
3.4 Chemické a elektrochemické předúpravy povrchu materiálů.....	22
3.5 Metody ochrany.....	23
3.5.1 Volba materiálu.....	23
3.5.2 Kovové povlaky.....	24
3.5.3 Nátěrové hmoty.....	25
3.5.4 Elektrochemická ochrana.....	28
4 Zkoušky a plánování kontrol.....	28
4.1 Dlouhodobé zkoušky.....	29
4.2 Laboratorní urychlené zkoušky.....	29
4.2.1 Vizuální kontrola.....	29
4.2.2 Zkouška v neutrální solné mlze (ČSN EN ISO 9227).....	30
4.2.3 Umělé stárnutí expozicí UV zářením (ČSN EN ISO 11 341).....	30
4.2.4 Zkouška tvrdosti (ISO 15184, ISO 2815).....	31
4.2.5 Zkouška ohybem na válcovém trnu (ČSN EN ISO 1519).....	31

4.2.6	Odolnost při hloubení (ČSN EN ISO 1520).....	32
4.2.7	Stanovení tloušťky nátěru (ČSN EN ISO 2808).....	32
4.2.8	Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou zkouškou (ČSN EN ISO 2409)	32
4.2.9	Stanovení přilnavosti nátěru odtrhovou zkouškou (ČSN EN ISO 4624).....	33
4.2.10	Stanovení přilnavosti nátěru křížovým řezem (ASTM D 3359).....	34
4.2.11	Zkouška v trvalé kondenzaci vody (ČSN EN ISO 6270-2).....	34
4.3	Plánování kontrol	35
5	Údržba a opravy	37
5.1	Návrh vhodné údržby.....	38
5.1.1	Identifikační údaje stavby.....	38
5.1.2	Základní charakteristika stavby a její účel:	38
5.1.3	Povinnosti správce mostu	38
5.1.4	Údržba konstrukce se dělí na stavební a nestavební.....	38
6	Encyklopedická část	41
6.1	Stav povrchu	41
6.2	Vady svarů ovlivňující povrchovou úpravu.....	42
6.3	Šrouby	47
6.4	Nýty.....	49
6.5	Vady nátěrů.....	50
7	Webová aplikace	60
8	Závěr.....	62
9	Použitá literatura	63

1 Úvod

Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi je velice důležitá k zabezpečení jejich správné funkce a prodloužení životnosti. Pro správné řešení antikorozních úprav je vypracováno mnoho norem a postupů. Největší význam mají vnější ocelové konstrukce namáhané silově i atmosférickými vlivy. Tato práce neřeší problémy ocelových prvků ve stavebních konstrukcích (předepjatý beton, železobeton...), plastové konstrukce, lodní dopravu, letectví, automobilovou dopravu ani speciální chemické procesy. V úvodu jsou popsány základní druhy koroze vyskytující se u ocelových konstrukcí. Dále se zabývá druhy korozního prostředí, návrhy protikorozní ochrany a metodami předúpravy povrchu. Následně jsou popsány možnosti protikorozní ochrany, metody jejich kontroly a návrh vhodné údržby. Výsledkem práce je encyklopedie korozních problémů, které se vyskytují u ocelových konstrukcí.

1.1 Definice koroze

Koroze je samovolné znehodnocování materiálu, které vzniká vzájemným působením materiálu a prostředí. Projevuje se ve změnách struktury materiálu, vzhledu, pevnosti, hmotnostních a rozměrových úbytcích. To významně ovlivňuje provozní spolehlivost, bezpečný provoz technologických zařízení, ekonomiku jejich provozu a celé výroby. Proto je koroze, její příčiny a ochrana proti ní důležitá nejen pro materiálové odborníky, ale i pro projektanty a konstruktéry. [1]



Obrázek 1 - Koroze

Základní pojmy:

- **Korozní systém:** se skládá z jednoho nebo více kovů a z těch složek prostředí, jež ovlivňují korozi. Složkami prostředí mohou být např. povlaky a povrchové vrstvy.
- **Korozní projev:** je změna kterékoli složky korozního systému způsobená korozi.
- **Korozní produkt:** je látka, která vznikla v důsledku koroze.
- **Rez:** je viditelný korozní produkt oxidů železa.
- **Okuje:** pevná vrstva korozních produktů vzniklá na kovu za vysoké teploty
- **Korozní rychlost:** je jednotka použitá k vyjádření rychlosti korozního úbytku na povrchu materiálu.
- **Korozní poškození:** projev koroze, který se pokládá za škodlivý pro funkci kovu, prostředí nebo technického systému, jehož složkami jsou kov a prostředí. [3]

1.2 Základní rozdělení koroze

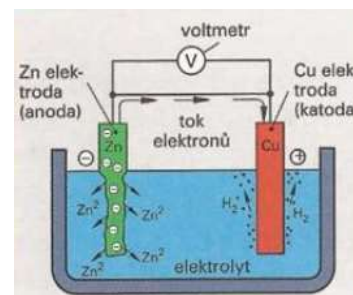
Existuje mnoho druhů koroze, často se používá více názvů pro jeden druh. I rozdělení je podle různých kritérií. Pro tuto práci je vhodné rozdělení korozních dějů podle dvou kritérií. Podle mechanismu korozních dějů (chemická a elektrochemická) a podle druhu napadení materiálu (rovnoměrná, nerovnoměrná). Nejsou zde uváděny všechny druhy koroze, je zde pouze výběr nejčastějších druhů, které se vyskytují u ocelových konstrukcí.

1.2.1 Koroze v elektrolytech

Elektrochemická koroze

Každou korozní reakci lze rozložit na dvě dílčí reakce:

- Oxidaci kovu – **anodickou reakci** ($Zn = Zn^{2+} + 2e$)
- Redukci oxidačního činidla z roztoku - **katodickou reakci** ($2H^+ + 2e = H_2$)



Obrázek 2 - koroze v elektrolytech

Anodickou reakcí je každá korozní reakce, při které je kov oxidován na ionty a která produkuje počet elektronů odpovídající valenci iontů. Jako katodická reakce se může uplatnit každá redukční reakce, která za daných podmínek probíhá a její rychlost je větší než rychlost zpětné redukce rozpustných iontů kovu.

Vznik pasivity kovů - kationty některých kovů se v prostředích s určitou hodnotou pH nebo v roztocích obsahujících některé anionty nerozpouštějí. Proto na povrchu kovu vznikají nerozpustné korozní produkty. Vrstva těchto produktů zpomaluje přímou reakci kovu s kyslíkem, s vodou nebo aniontem roztoku. Tento stav se nazývá pasivita, přechod do tohoto stavu jako pasivace. Typickým příkladem jsou korozivzdorné oceli s vyšším obsahem Cr nad 12%. [23]

Galvanická koroze je způsobena vznikem galvanických a koncentračních článků. Vždy v sobě zahrnuje dvě dílčí reakce – anodovou a katodovou. Řídí se elektrochemickými zákony. Obě reakce jsou na sebe vázány a nemohou probíhat samostatně, pokud korodujícím kovem neprochází žádný vnější elektrický proud. Anodová reakce odpovídá oxidaci kovu, a tedy vlastní korozi. Katodová reakce, zvaná též depolarizační, odpovídá současné redukci některé oxidující složky roztoku, tj. buď vybíjení iontu vodíku (koroze s vodíkovou depolarizací) nebo redukci kyslíku rozpuštěného v elektrolytu (koroze s kyslíkovou depolarizací). Anodové i katodové reakce představují tedy dohromady korozní děj a podle okolností mohou probíhat buď na stejném místě povrchu korodujícího kovu, nebo místně odděleně. Dělí se na korozi bimetalickou, štěrbinovou a korozi koncentračních článků. Největší význam má koroze štěrbinová. [1] [23]

1.2.2 Chemická koroze

Je způsobena chemickými reakcemi bez účasti elektrolytu. Řídí se zákony chemické kinetiky a zahrnuje zejména koroze v plynech a elektricky nevodivých prostředích. Korozní zplodiny se tvoří na místech reakce. Typické příklady jsou: oduhličení oceli a vodíková koroze. Nejčastěji jde o oxidaci kovu, zejména oceli, v prostředí přehřáté páry a při jeho ohřevu. Uplatňuje se především v chemických závodech. [1]

1.2.3 Ostatní typy koroze

Zahrnují korozi, která není způsobena ani chemickými, ani elektrochemickými činiteli. Patří sem například biologická koroze účinkem mikroorganismů nebo kavitace.

1.2.4 Rovnoměrná koroze

Projevuje se rovnoměrným úbytkem materiálu po celém povrchu, který je ve styku s korozním prostředím. Z hlediska spolehlivosti zařízení je tento typ koroze nejpříznivější, protože umožňuje poměrně přesně stanovit rychlost úbytku materiálu a vzít v úvahu rizika a životnost součástí. Při navrhování potrubí, či nádob musí projektant počítat s přidavkem materiálu na korozi. [1] [2]



Obrázek 3 - Rovnoměrná koroze

1.2.5 Nerovnoměrná koroze

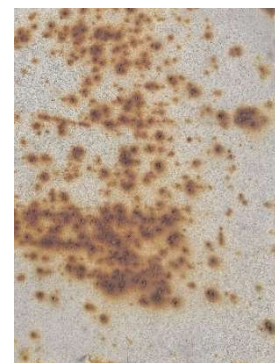
Je více nebezpečná, protože napadá materiál jen v určitém místě a často se vyskytuje kombinace jednotlivých druhů koroze.

Štěrbínová koroze je druh korozního napadení, ke kterému dochází v místech, jako jsou polouzavřené prostory, vzniklé štěrby, například mezi dvěma plechy spojenými nýty, nespojitými svary, ve šroubových spojích, pod podložkami, pod těsněním, atd. Kyslík rozpuštěný v neutrálním vodném elektrolytu uvnitř štěrbiny je spotřebován katodickou reakcí a přísun dalšího je omezen tím, že roztok uvnitř štěrbiny je obtížněji vyměňován. Okolí ústí štěrbiny se stává katodou, na které se soustřeďuje průběh katodické reakce, roztok uvnitř štěrbiny se dále okyseluje a agresivita roztoku vzrůstá. To vede k poškození povrchové vrstvy a tím i k aktivaci korozního děje. [1] [2]



Obrázek 4 - Štěrbínová koroze

Bodová koroze je lokální napadení jinak odolného pasivního povrchu materiálu. Projevuje se především u hliníkových a korozivzdorných slitin ocelí za přítomnosti látek lokálně porušujících pasivní vrstvu. Lokálním porušením pasivní vrstvy dochází k bodovému napadení. Mechanismus bodové koroze je v podstatě shodný s mechanismem štěrbinové koroze, s tím rozdílem, že zárodek vzniká samovolně na volném povrchu pasivního kovu. Poškození bývá různě hluboké a může se stát, že pronikne celou tloušťkou materiálu. [1] [2]



Obrázek 5 - Bodová koroze

Důlková koroze má podobný mechanismus vzniku jako bodová. Projevuje se relativně malým poměrem hloubky k šířce a tento poměr zůstává zachován i při dalším průběhu koroze. Pro vznik důlkové koroze jsou významné hlavně strukturní různorodosti povrchu kovu, obsah korozních aktivátorů v elektrolytu a tuhé složky na povrchu kovu. Vyskytuje se na povrchu materiálu a nejčastěji u pasivovaných materiálů s větším porušením pasivační vrstvy. [1] [2]



Obrázek 6 - Důlková koroze

Další druhy koroze, jako je: korozní praskání, mezikrystalická koroze, selektivní koroze, koroze vzniklá erozí, vodíková koroze, oduhličení oceli, koroze v oxidujících a redukujících plynech a koroze bludnými proudy nemají přímý vliv na ocelové konstrukce. Protože se přesto v některých případech mohou vyskytnout.

2 Druhy korozního prostředí

Druhy korozního prostředí a jejich agresivitu rozlišuje norma **ČSN EN ISO 9223**. Tato norma rozlišuje 6 základních kategorií korozní agresivity vnějšího a vnitřního prostředí. Ocel vystavená účinkům vnějšího a vnitřního prostředí bude vždy podléhat koroznímu poškození závislému na specifických charakteristikách prostředí. Klasifikace prostředí se stanovuje tak, že se ohodnotí množství úbytku standardizovaných vzorků kovového materiálu po dobu jednoho roku.

Korozní prostředí ocelových konstrukcí se dá rozdělit do dvou skupin:

- **Koroze vnitřních konstrukcí:**

V suchém prostředí vytápěných budov nebo v budovách s nízkou vlhkostí ocel nekoroduje tak rychle, aby ohrozila stav konstrukce.

U vnitřních prostorů se ne vždy musí jednat jen o prostory s nízkou vlhkostí, mohou to být také bazény, kuchyně, koupelny, atd. Korozní prostředí tu může obsahovat zvýšené množství chlóru, síry i jiných látek urychlujících korozi. Konstrukce v těchto prostorech je nutno lépe chránit použitím povrchové úpravy vhodné pro dané prostředí.

- **Koroze vnějších konstrukcí:**

Vnější konstrukce je nutno chránit proti působení atmosférických vlivů. Je nutné zajistit odtok vody z koutů konstrukce a její zadržování, znečištění a umožnit následnou kontrolu stavu povrchu a její údržbu. [5]

Základní pojmy:

- **Korozní agresivita:** schopnost prostředí vyvolávat korozi kovu v daném korozním systému
- **Klima:** počasí, které podle statistického vyhodnocení meteorologických parametrů zaznamenávaných po delší dobu převažuje na daném místě nebo oblasti
- **Atmosféra:** směs plynů a obvykle i aerosolů a částic, které obklopují daný objekt
- **Mikroklimatické prostředí:** prostředí na rozhraní mezi základním prvkem konstrukce a jeho okolím
- **Doba ovlhčení:** doba, po kterou je povrch kovu pokryt adsorpčními nebo kapalnými vrstvami elektrolytu schopného vyvolat atmosférickou korozi
- **Kategorie umístění:** smluvně definované typické podmínky vystavení části nebo celku působení prostředí
- **Úroveň znečištění:** číselná hodnota vycházející z kvantitativních měření určitých chemicky aktivních látek, korozně agresivních plynů nebo rozptýlených částic v ovzduší, které nepatří k obvyklým složkám vzduchu. [5]

2.1 Korozní agresivita prostředí (atmosféry)

Je určována řadou klimatických činitelů. Kvantitativní hodnocení korozní agresivity závisí na době ovlhčení povrchu, znečištění atmosféry korozně aktivními látkami, na hodnotě slunečního a UV záření, teplotě vzduchu, množství a složení pevného spadu. Dále mechanické poškození (nárázem, otěrem, apod.) a působení chemických látek.

Při výběru nátěrového systému, nebo jiné protikorozní ochrany je nesmírně důležité určit podmínky, které budou na konstrukci, zařízení či stavbu působit. Čím vyšší je korozní agresivita prostředí, tím důkladnější musí být příprava povrchu. Je třeba striktně dodržet také intervaly mezi nátěry.

Korozní agresivita vnějšího prostředí bude mít vliv na:

- typ ochranného nátěru
- celkovou tloušťku nátěrového systému
- požadovanou přípravu povrchu
- minimální a maximální intervaly mezi nátěry [6] [7]

Rozdělení korozní agresivity prostředí dle normy ČSN EN ISO 9223:2012

Tabulka 1 - Stupně korozní agresivity [4]

Stupně korozní agresivity	Příklady typických prostředí	
	Venkovní	Vnitřní
C1 (velmi nízká)	Suché nebo chladné klimatické pásmo, atmosférické prostředí s velmi malým znečištěním a dobrou ovlhčením (pouště, centrální Antarktida)	Vytápěné prostory s nízkou relativní vlhkostí a nevýznamným znečištěním (kanceláře, školy, muzea)
C2 (nízká)	Mírné klimatické pásmo, atmosférické prostředí s malým znečištěním (venkovské oblasti, malá města)	Nevytápěné prostory s měnící se teplotou a relativní vlhkostí, malou četností kondenzace a malým znečištěním (sklady, sportovní haly)
C3 (střední)	Mírné klimatické pásmo, atmosférické prostředí se středním znečištěním nebo určitým vlivem chloridů (městské oblasti, pobřežní oblasti)	Prostory se střední četností kondenzace a středním znečištěním z výrobních procesů (potravinářské závody, prádelny, pivovary, mlékárny)
C4 (vysoká)	Mírné klimatické pásmo, atmosférické prostředí s velkým znečištěním nebo podstatným vlivem chloridů (znečištěné městské oblasti, průmyslové oblasti, pobřežní oblasti bez postřiku slanou vodou)	Prostory s velkou četností kondenzace a velkým znečištěním z výrobních procesů (průmyslové závody, plavecké bazény)
C5 (velmi vysoká)	Mírně subtropické klimatické pásmo, prostředí s velmi vysokým znečištěním a významným vlivem chloridů (průmyslové oblasti, pobřežní oblasti)	Prostory s velmi vysokou četností kondenzace nebo velkým znečištěním z výrobních procesů (doly, neprovětrávané přístřešky v subtropických a tropických oblastech)
CX (extrémní)	Subtropické a tropické klimatické pásmo s dlouhou dobou ovlhčení, prostředí s vysokým znečištěním SO ₂ a silným vlivem chloridů (extrémně průmyslové oblasti, občasné působení solné mlhy)	Prostory s téměř neustálou kondenzací nebo rozsáhlými obdobími působení extrémní vlhkosti a znečištěním z výrobních procesů

3 Navrhování protikorozi ochrany ocelových konstrukcí a předúpravy povrchu

Základní pojmy:

- **Výchozí stav povrchu:** vzhled ocelového čistého povrchu, povrchu s nátěrem, který je degradován nebo poškozen korozí, puchýřky či odlupováním
- **Stupeň přípravy:** vzhled ocelového povrchu po odstranění znečišťujících látek použitím metody přípravy povrchu [8]

Rozdělení:

- 3.1 Obecné problémy koroze a protikorozi ochrany
- 3.2 Návrh konstrukce
- 3.3 Mechanické předúpravy povrchu
- 3.4 Chemické předúpravy povrchu
- 3.5 Metody ochrany

3.1 Obecné problémy koroze a protikorozi ochrany

U ocelových konstrukcí se vyskytují různé druhy koroze vyjmenované a popsané v úvodu této práce. V některých případech je to komplikovanější, což je dáno okolními podmínkami a volbou správné protikorozi úpravy. Drobné úniky různých chemikálií a vznik poruch, způsobují typickou korozi atmosféru. Tomu se musí přizpůsobit i protikorozi ochrana, která začíná již při plánování výstavby konstrukce. Koncepce ochrany musí obsahovat: materiál a jeho ochranu pro danou technologii, údaje o ztrátách materiálu a jeho sledování při provozu zařízení. K tomu se přidává i provozní spolehlivost, životnost, protipožární odolnost a hospodárnost řešení. Celá tato přípravná část je důležitá a rozhoduje často o úspěchu celé investice.

3.2 Návrh konstrukce

Ve stádiu návrhu projektu by se měla k zajištění odpovídající životnosti konstrukce věnovat zvláštní péče. Problematika koroze by měla mít samostatnou zprávu.

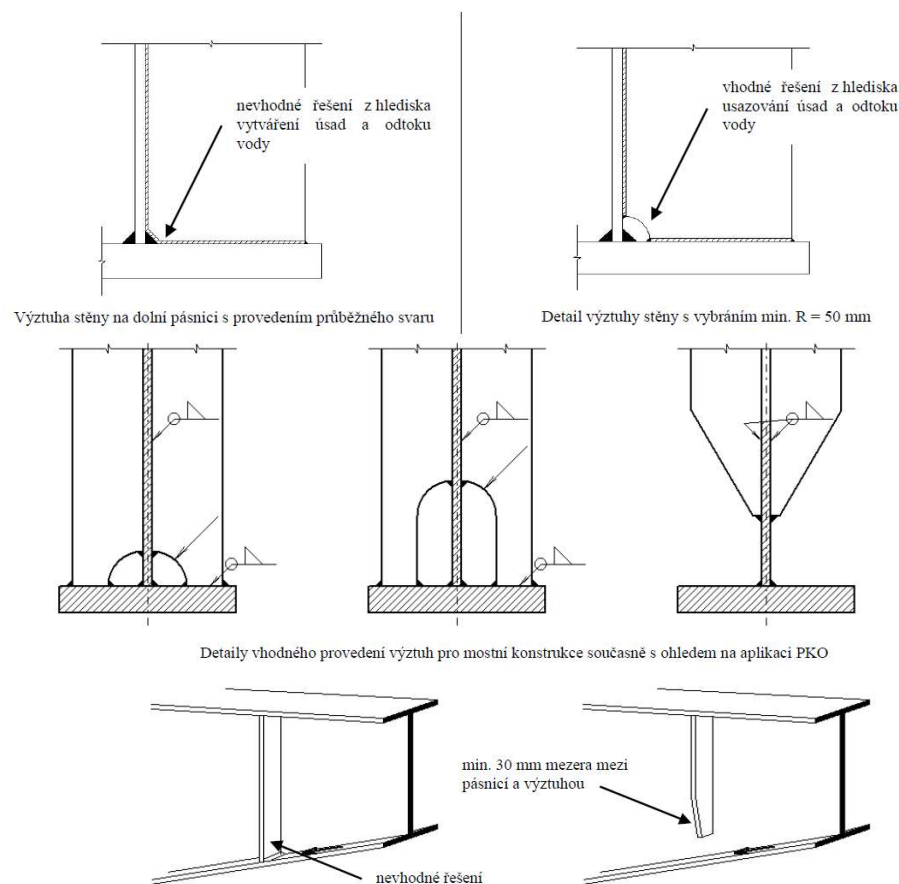
Nejdůležitější hlediska, která je zapotřebí vzít v úvahu:

- 1) Jednoduchý tvar stavebních prvků a vyvarování se nadměrné složitosti. Transportní, manipulační a montážní postupy konstrukce by neměly snižovat efektivitu protikorozi metod.

- 2) Snížit na minimum kontakt mezi ocelovým povrchem a vodou nebo nečistotami.
 - Je třeba se vyvarovat vytváření míst (dutin a štěrbin), kde se může zadržovat voda. A to tím, že se umožní její snadné odtékání.
 - U přístupných vnitřních prostor by mělo být pamatováno na odpovídající ventilaci.
 - Nepřístupné vnitřní prostory ocelových prvků by měly být utěsněny, aby se zamezilo přístupu vzduchu i vlhkosti. Také je možné navrhnout větší tloušťku materiálu, která by nahradila úbytek materiálu v důsledku koroze během životnosti konstrukce.
- 3) Zabránit, pokud je to možné, vytvoření galvanických článků nebo kovové povrchy v místě styku izolovat.
- 4) Měl by být zajištěn přístup pro provedení vhodné protikorozní ochrany (např. nátěr nebo žárového pokovení). [9]

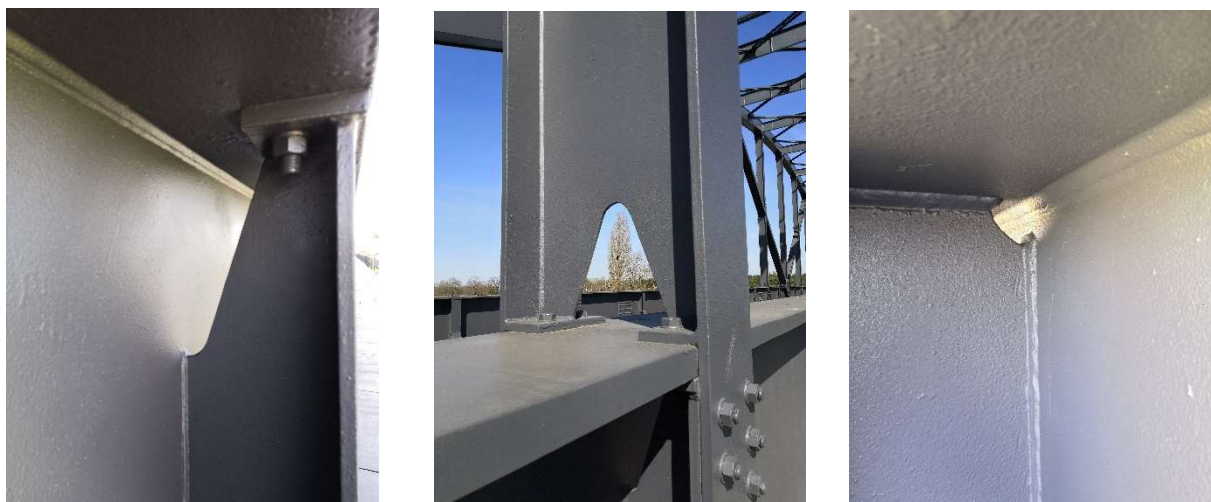
Vhodné konstrukční řešení může omezit nebezpečí korozního napadení a také přispět ke kvalitnější povrchové úpravě. Např. nosné konstrukce a nádrže se mají řešit tak, aby nevznikala místa či štěrbin, ve kterých by se zadržovala srážková voda nebo agresivní kapaliny. V zařízeních, ve kterých proudí kapalina, je zase ideální volit takové tvary, které nevedou k turbulencím, tj. prudkým změnám směru. [16]

Obrázky ukazující vhodný návrh konstrukce:



Obrázek 7 - Návrh konstrukčních prvků [16]

Reálné příklady vhodného návrhu konstrukce:



Obrázek 8 - Reálné příklady vhodného návrhu konstrukce

3.3 Mechanické předúpravy povrchu materiálu

Norma ČSN ISO 8501 se zabývá vizuálním vyhodnocením čistoty povrchu a používanými technologiemi. Korozní odolnost kovových materiálů je značně závislá na geometrii a čistotě povrchu. Proto se povrch před nanesením ochranné vrstvy různě upravuje. Z povrchu se odstraňují mastnoty, uhlík, prach, zbytky brusných prostředků, zbytky kovů po předchozích mechanických úpravách, slévárenský písek, vápno, malta, anorganické soli a korozní produkty. Následně se povrch zdrsňuje dle požadavků další technologické operace. Předúprava povrchu není ochrannou metodou, ale je to rozhodující procedura, jak získat potřebnou adhezi mezi ocelovým podkladem a povlakovým systémem. [9]

Rozdělení mechanických úprav:

- 3.3.1 Tryskání
- 3.3.2 Tryskání vodním paprskem
- 3.3.3 Čištění plamenem
- 3.3.4 Broušení
- 3.3.5 Ruční mechanické čištění

3.3.1 Tryskání (ČSN ISO 8504-2)

Tryskání je nejdůležitější metoda pro úpravu povrchů, které mají být opatřeny nátěry. Jedná se o opracování různě tvrdých povrchů a materiálů proudem jemných částic tryskačního prostředku, který je vrhán určitou rychlostí na povrch výrobku. Tryskání je buď suché (tryskační částice poháněné proudem vzduchu, případně metacím kolem) nebo mokré (tryskační částice poháněné proudem vody). Jako materiál pro tryskání se používá: křemičitý písek, sekaný drát, drtě z ovocných pecek, ocelová drť, struska, plasty, sklo, keramika apod. Vhodný tryskační prostředek se volí podle otryskávaného materiálu a jeho požadované drsnosti pro další technologie.

Tryskání se nejčastěji využívá jako předúprava povrchů před aplikací nátěrových hmot. Tato technologie dokáže v krátké době účinně působit i na menších součástkách a výrobcích, ale také na velkých plochách. Tryskání dokonale zabezpečí očištění, odmašťování a odstraňování starých nátěrů, rzi a starých nežádoucích povrchů. [10]

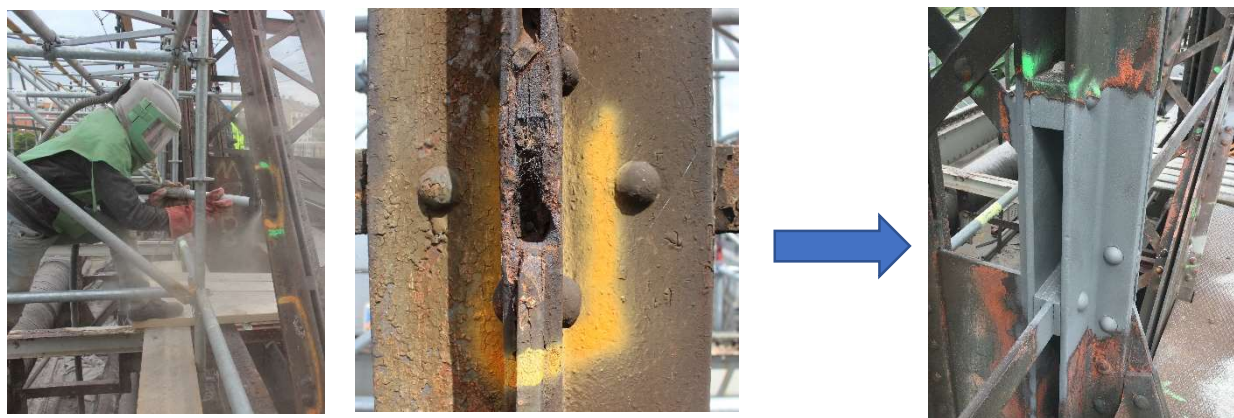


Obrázek 9 - Vzorčky tryskacích tělísek z oceli

Stupně přípravy povrchu podle normy ISO 8504-2:2000

Tabulka 2 - Stupně přípravy povrchu pomocí tryskání [10]

Standardní stupně přípravy povrchu pomocí abrazivního otryskání	
Sa 1	Lehké otryskání Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek
Sa 2	Důkladné otryskání Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot a musí být odstraněna také většina okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbývající nečistoty musí být pevně přilnavé
Sa 2 ½	Velmi důkladné otryskání Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Všechny zbývající stopy nečistot musí vykazovat pouze lehké zabarvení ve formě skvrn nebo pruhů
Sa 3	Otryskání až na vizuálně čistý povrch Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, okují, rzi, nátěrů a cizích látek. Povrch musí mít jednotný kovový vzhled.



Obrázek 10 - Proces tryskání

Když je tryskání skončeno, lze vyhodnotit nedokonalosti a vady na ocelovém povrchu způsobené během výroby a provozu ocelové konstrukce. Tyto nedokonalosti a vady se vyskytují zejména ve svarech, na hranách, aj. Oprava těchto vad je popsána v EN ISO 8501-3. Pro specifické požadavky konstrukce může být nutné vady povrchu odstranit [10]

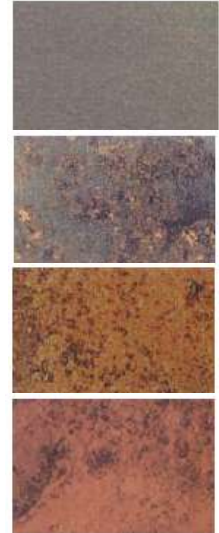
Norma ISO 8501-1 rozlišuje čtyři druhy výchozího stavu oceli:

A – povrch oceli je z velké části pokryt přilnavou vrstvou okují, ale téměř bez rzi

B – povrch oceli s počínající tvorbou rzi a s počínajícím odlupováním okují

C – povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje nebo ze kterého je lze oškrábat, a který vykazuje mírnou korozi viditelnou prostým okem

D – povrch oceli, ze kterého odkorodovaly okuje, a který vykazuje celkovou rovno-měrnou důlkovou korozi viditelnou prostým okem. [7]



V obrázkové tabulce můžeme vidět zápis předupraveného povrchu tryskáním včetně obrázkového vzoru



Obrázek 11 - Vzory stupňů zarezavění [12]

Tyto snímky nenahrazují reprezentativní fotografické vzory ISO 8501-1. Při hodnocení výchozího stavu povrchu a dosaženého stupně předúpravy povrchu je vhodné použít originální standardy. [12]

Příprava dřívě natřených povrchů tryskáním je označováno písmeny “P Sa“ (např. P Sa2)

3.3.2 Vysokotlaké tryskání vodou (ČSN EN ISO 8501-4)

Doporučená metoda pro čištění a odstraňování starých povlaků. Tento postup může rovněž odstranit velké množství rozpustných solí a má tu výhodu, že nespotebovává abrazivo. Velké tlaky vyvolávají teplý povrch, na němž zbytková voda vysychá, ale dosažená teplota není tak vysoká, aby se na ocelovém povrchu vytvořila tepelné napětí. Stupně přípravy povrchu vysokotlakým tryskáním vodou by neměly zahrnovat pouze stupeň čistoty, ale také stupeň bleskové koroze, protože na očištěné oceli se může během schnutí objevit blesková koroze. Povrch připravený vysokotlakým tryskáním vodou lze klasifikovat několika způsoby. [8]



Obrázek 12 - Proces tryskání vodním paprskem

Popis povrchu po očištění dle ČSN EN ISO 8501-4:2012

Tabulka 3 - Stupně přípravy povrchu pomocí tryskání vodním paprskem [8]

Popis povrchu po očištění	
Wa 1	Lehké otryskání paprskem o vysokém tlaku: při prohlídce musí být povrch bez viditelných stop oleje a mastnoty, nepřilnavých nebo poškozených nátěrů, nepřilnavé rzi nebo ostatních cizích látek. Všechny zbytky znečištění musí být rozptýleny náhodně a musí být pevně přilnavé
Wa 2	Důkladné otryskání paprskem o vysokém tlaku: při prohlídce musí být povrch bez viditelných stop oleje, mastnoty a nečistot a většiny rzi, předchozích nátěrů a ostatních cizích látek. Všechny zbytky znečištění musí být rozptýleny náhodně a mohou obsahovat pevně přilnavé povlaky, pevně přilnavé cizí látky a stíny po dřívě se vyskytující rzi
Wa 2 ½	Velmi důkladné otryskání paprskem o vysokém tlaku: při prohlídce musí být povrch bez všech viditelných stop koroze, oleje, mastnoty, nečistot, předchozích nátěrů a kromě lehkých stop, bez všech cizích látek. Pokud byl původní nátěr neporušen, může povrch vykazovat barevné změny. Šedé nebo hnědočerné zbarvení v místech důlkové koroze nebo zkorodované oceli nelze dalším otryskáním vodou odstranit

Blesková koroze:

Blesková koroze je lehké zarezavění povrchu vzniklé bezprostředně po jeho očištění. Jsou specifikovány tři stupně bleskové koroze, definované slovním popisem vzhledu povrchu nenatřené ocelové plochy před aplikací nátěru. [8]



Obrázek 13 - Blesková koroze

Stupně bleskové koroze a jejich značení je vidět v tabulce:

Tabulka 4 - Popis vzhledu bleskové koroze [8]

Popis vzhledu povrchu tří stupňů bleskové koroze	
L	Lehký stupeň bleskové koroze Při prohlížení bez zvětšení se na povrchu vyskytuje malé množství žlutohnědé rzi a přes ni je viditelný ocelový podklad. Koroze (projevující se jako změna barvy) může být rozložena rovnoměrně nebo se může vyskytovat ve formě skvrn, ale bude pevně přilnavá a obtížně odstranitelná jemným otíráním tkaninou
M	Střední stupeň bleskové koroze Při prohlížení bez zvětšení se na povrchu vyskytuje vrstva žlutohnědé rzi, která zakrývá původní ocelový povrch. Vrstva rzi může být rozložena rovnoměrně nebo se může vyskytovat ve formě skvrn, ale je dobře přilnavá a lehce ulpívá na tkanině, kterou bude povrch jemně otírán.
H	Vysoký stupeň bleskové koroze Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu vyskytuje vrstva žlutočervené/hnědé rzi, která zakrývá původní ocelový povrch a je nepřilnavá. Vrstva rzi může být rozložena rovnoměrně nebo se může vyskytovat ve formě skvrn a snadno ulpívá na tkanině, kterou bude povrch jemně otírán.

Ocelový povrch se prohlédne prostým okem při dobrém denním světle nebo při umělém osvětlení (podle toho, jak bylo odsouhlaseno mezi zainteresovanými stranami) a porovnává se s fotografií. Porovnání musí být provedeno spolu se slovním popisem v tabulce. Příslušná fotografie se umístí do blízkosti hodnoceného ocelového povrchu a porovná se s ním. Při hodnocení stupně bleskové koroze se zaznamená nejbližší zřejmý stupeň tak, jak je definován v tabulce. Hodnocení musí být provedeno bezprostředně před aplikací nátěru. [8]

3.3.3 Čištění plamenem (ČSN EN ISO 8501-1)

Tato metoda odstraňuje všechny uvolněné okuje, rez a jiné škodlivé cizí látky tak, že kyslíko-acetylenový plamen vysoké teploty a s vysokou rychlostí plamene opaluje celý povrch. Doporučuje se vysoký obsah kyslíku (≈ 25%), aby nedošlo k pokrytí povrchu sazími. Rozdílná roztažnost mezi okujemi a ocelovým povrchem způsobuje, že se rez odlupuje. Potom může být uvolněná rez odstraněna drátěným kartáčem. Při čištění plamenem je třeba být opatrný, neboť plamen může poškodit povlak (je-li nějaký) na spodní straně čistěného povrchu. Nutno dbát na hygienické předpisy a zvýšenou bezpečnost při práci. [11]

3.3.4 Broušení

Odstranění nepravidelností povrchu pomocí plstěných rotačních kotoučů, na jejichž obvodu je nalepeno brusivo s rozdílnou zrnitostí.

3.3.5 Ruční mechanické čištění (ČSN EN ISO 8501-1)

Mechanická síla působící na povrch narušuje a uvolňuje nečistoty, které lze následně odstranit.

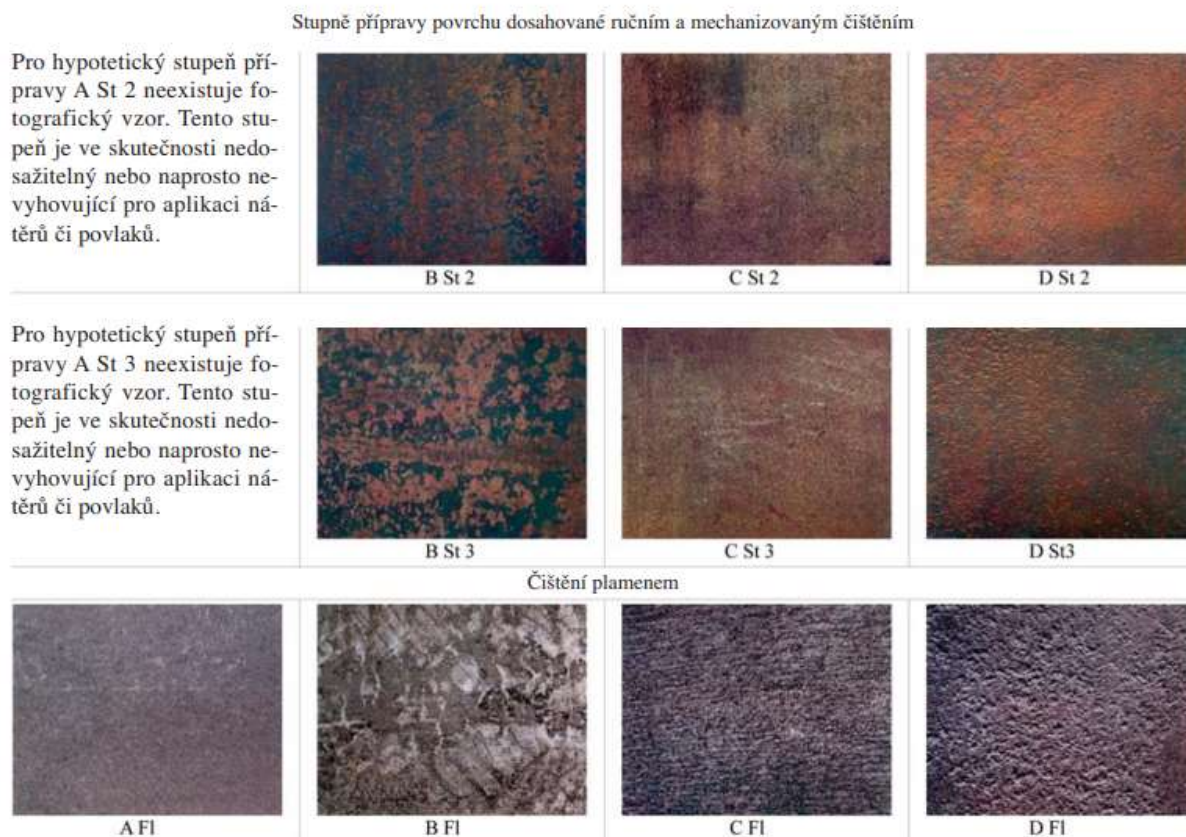
- Ruční nebo mechanizované otloukání povrchu (ruční oklepávací kotouč, pneumatické oklepávače, čistící pistole se svazkem vyměnitelných jehel nebo sekáčem)
- Škrábání stěrkami
- Kartáčování ocelovými kartáči
- Broušení pneumatickými nebo elektrickými bruskami (málo účinné a zdlouhavé)

Odstranění hrubé nečistoty z povrchu a snížení drsnosti povrchu po broušení pomocí rotačních kartáčů z přírodních i umělých vláken s nanesenými brusnými pastami s obsahem brusiva. [11]

Tabulka 5 - Stupně přípravy povrchu pomocí ručního a mechanizovaného čištění [11]

Standardní stupně přípravy povrchu pomocí ručního a mechanizovaného čištění	
St 2	Důkladné ruční a mechanizované čištění Při prohlížení bez zvětšení musí být povrch prostý viditelných olejů, mastnoty a nečistot, málo přilnavých okují, rzi, nátěrů a cizích látek (viz poznámka níže).
St 3	Velmi důkladné ruční a mechanizované čištění Jako u St 2, ale povrch musí být očištěn mnohem důkladněji, aby získal kovový odstín daný podkladem

V obrázkové tabulce můžeme vidět zápis stupně mechanického očištění i s obrázkovými vzory:



Obrázek 14 - Vzory stupňů předúpravy pomocí mechanizovaného čištění [12]

Tyto snímky nenahrazují reprezentativní fotografické vzory ISO 8501-1. Při hodnocení výchozího stavu povrchu a dosaženého stupně předúpravy povrchu je vhodné použít originální standardy. [12]

Příprava dříve natřených povrchů tryskáním je označováno písmeny “P St“ (např. P St2)

3.4 Chemické a elektrochemické předúpravy povrchu materiálů

Tyto předúpravy povrchu materiálů se dají popsat jako chemické a fyzikální reakce, které vzniknou při působení chemického činidla mezi povrchem materiálu, který je znečištěn a působícím chemickým činidlem. Cílem těchto předúprav je, stejně jako u mechanických, dosažení požadované jakosti povrchu, která je potřebná ke zhotovení daného povlaku.

Patří sem tyto procesy:

- **Odmašťování**

Odstranění mastnoty, prachových částic, solí a jiných chemických látek, zbytků po tryskání, kovových částic a vody z povrchu výrobku. Nečistoty jsou vázány fyzikální absorpcí a adhezními silami. Elektrolytické odmašťování, odmašťování parou, pomocí ultrazvuku.

- **Moření**

Odstranění chemicky vázaných nečistot – rez, okuje, oxidové vrstvy z povrchu výrobku pomocí minerálních kyselin (k. sírová, solná, fosforečná, fluorovodíková) nebo zásad. Při tomto procesu dochází k rozpouštění kovu, oxidy se převedou na rozpustné soli a vzniká vodík. Vzniklé soli se z povrchu opláchnou vodou, ale atomární vodík vniká do krystalické mřížky mořeného materiálu.

- **Odrezování**

Zvláštní druh moření, při kterém se z povrchu odstraňuje pouze rez, která zůstala na součásti po předchozím očištění. Po těchto procesech je povrch velice náchylný k vytvoření koroze, a proto by měly následovat další operace, jimiž bývají především neutralizační oplach a pasivace povrchu. K odstranění slabé vrstvy korozních nečistot zejména pak po tzv. bleskové korozi se používají odrezovače na bázi kyseliny fosforečné. [13] [14]

3.5 Metody ochrany

Rozdělení metod ochrany:

- 3.5.1 Volba vhodného materiálu
- 3.5.2 Kovové povlaky
- 3.5.3 Nátěry
- 3.5.4 Katodická a anodická ochrana

3.5.1 Volba materiálu

Volba materiálu OK se musí řídit korozními podmínkami okolní atmosféry. Při návrhu konstrukce se používají korozní mapy a korozní sborníky, podle kterých může konstruktér určit vhodný materiál vzhledem ke koroznímu prostředí. [17]

Nejdůležitější materiály pro ocelové konstrukce:

- nelegované oceli jakostní, třídy:
S235, S275, S355
S235JR, S235J0 (běžné konstrukční oceli)
S355J0, S355J2 (běžné konstrukční oceli)
- legované ušlechtilé jemnozrnné oceli s vyšší mezí kluzu, třídy:
S420, S460, S500, S550, S620, S690, S890, S960
Značení stavu: N, M, NL, ML, Q, Q1. Např. S420ML, S460Q
- legované ušlechtilé oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi:
Tzv. patinující oceli, příměs Cr, Ni, Cu, Mo ... typ „Corten“ (USA).
V ČR: S355J0W (ocel Atmofix A), S355J2W (ocel Atmofix B).
- Antikorozní oceli: austeniticko-feritická (duplexní) Cr 18–28 %, Ni do 8 %
S32550, S32304 (pevné a odolné vůči abrazi, svařitelné) [15]

3.5.2 Kovové povlaky

Použití kovových povlaků je účinným způsobem pro zpomalení koroze nebo zabránění koroze ocelových materiálů. Kovové povlaky se obvykle používají v kombinaci s nátěry. Podle způsobu pokovování se dělí na povlaky: chemické, galvanické, žárové pokovování, žárový nástřík, difúzní. Ovšem pro větší ocelové konstrukce není většina způsobů pokovení použitelná, a to z důvodu nutnosti ponoru v galvanické lázni, peci nebo ve vakuu, kde jsme omezeni velikostí součástí. Nejčastějším druhem povlaku pro ocelové konstrukce je zinkování. Provádí se nástříkem nebo ponorem (vhodné pro jednotlivé prvky). Existují i jiné metody, jako difúzní zinkování nebo galvanické pokovování, ty se však obvykle používají pro jiné prvky (jako armatury nebo spojovací prostředky).

Žárové nástříky (ČSN EN ISO 2063)

Též metalizace nebo šopování, dovoluje vytvářet vrstvy na čistém zdrsňeném podkladě téměř ze všech kovů. Při metalizaci je třeba přesně dodržovat provozně ověřené parametry. I malá odchylka od těchto hodnot může mít za následek nejakostní povlak z hlediska struktury a přilnavosti k základnímu materiálu. Je možné nanášet kovy i nekovy na nekovové materiály, například plastické hmoty, keramika, dřevo, případně i na papír.

Při žárovém nástříku dochází nejprve k natavení povlakového kovu (drátu nebo prášku) a pak k jeho rozstříku ve formě jemných částecek velkou rychlostí na předem připravený (zdrsňený) povrch stlačeným vzduchem nebo inertním plynem pomocí speciálních stříkacích pistolí. Částičky k povrchu mechanicky přilnou a vytvoří souvislou vrstvu libovolné tloušťky. Jako povlakový kov používáme hlavně zinek, jako velmi účinnou ochranu proti atmosférické korozi a korozi v kapalinách a hliník, jako protikorozi ochranu v potravinářském a chemickém průmyslu. Existuje více způsobů žárového stříkání, například nástřík prášku plamenem, elektroobloukový nástřík a nástřík plazmou.

Žárové pokovování (ČSN EN ISO 1461)

Tento proces spočívá v ponoření materiálu (součásti) do roztavené kovové lázně požadovaného kovu, jehož teplota musí být nižší, než je bod tání základního materiálu. Předpokladem tohoto způsobu je dokonale očištěný povrch, zbavený všech oxidů a jiných nečistot mořením. Aby předmět mezi mořením a ponořením do lázně na povrchu neoxidoval, chrání se ponořením do tavidla. Jako nejčastější ochrana proti vlivům atmosféry se používá žárové zinkování. Žárové hliníkování se uplatňuje místo cínování a zinkování při výrobě pásů a drátů. [9] [17]

Postup žárového pokovování:

- 1) Pomocí odmašťovacích činidel, jako jsou alkalické roztoky nebo odmašťovací kyselé přípravky, je odstraněn veškerý tuk nebo olej.
- 2) Po odmaštění jsou součásti omyty ve vodní lázni, což zabrání tomu, aby odmašťovací roztoky setrvaly do dalších stádií procesu.
- 3) Kyselé moření: v tomto stádiu se odstraní rez a okuje (za pokojové teploty). Většinou se používá kyselina chlorová, která má vlastnosti inhibitoru.
- 4) Prvky se znovu omyjí vodou, aby se zamezilo přítomnosti zbytků kyselin.
- 5) Potom se ocelové prvky ponoří do tavícího prostředku, aby se zajistil dobrý kontakt mezi zinkem a ocelí během galvanického procesu.
- 6) Prvky se osuší v peci nebo ve vzdušném ohříváči.
- 7) Ocelové prvky se ponoří do roztavené zinkové lázně o teplotě mezi 440 °C až 460 °C. Při těchto teplotách zinek reaguje s ocelí tak, že vytváří železnaté slitiny zinku na ocelovém povrchu.
- 8) Nakonec může být žárově zinkovaná ocel zchlazena ve vodě nebo ponechána odkrytá.

Žárové zinkování ponorem lze použít bez jakékoliv další ochrany. Avšak k zajištění delší životnosti nebo tam, kde je třeba vyhovět dekorativním požadavkům, lze užít duplexní systém. To je kombinace zinkování a nátěru. [9] [17]

3.5.3 Nátěrové hmoty

Soubor norem **ISO 12 944** se zabývá protikorozi ochranou ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy. Zahrnuje pouze protikorozi ochrannou funkci nátěrových systémů. Oblast použití nátěrové hmoty je dána: typem konstrukce, typem povrchu a jeho přípravou, typem prostředí a ochranného nátěrového systému.

Povrch určený k provedení protikorozi povlaku musí splňovat tyto požadavky:

- musí být zbaven okují a korozi zplodin,
- musí být zbaven prachu a ve vodě rozpustných solí,
- nesmí být orosený nebo pokrytý námrazou,
- nesmí být zamaštěný nebo jinak znečištěný (grafitem, sazemi, značkovacími nátěry nebo nápisy apod.),
- musí být zbaven výstupků, hrotů, ostrých hran (např. zaoblením na $R = 2$ mm), otřepů, přívarků, důlků, pórů, strusky a náletů z tavidel svařovacích elektrod,
- musí vyhovovat pro předepsaný stupeň přípravy povrchu a stupeň drsnosti. [16]

Základní pojmy:

- **Vrstva:** souvislý nános kovového materiálu nebo souvislý nátěrový film, vytvořený jednou aplikací
- **Životnost:** očekávaná doba života ochranného nátěrového systému do první větší obnovy nátěru
- **Pigmentovaná nátěrová hmota:** nátěrová hmota obsahující pigment, která po nanesení na podklad tvoří neprůhledný suchý film mající ochranné, dekorativní nebo specifické technické vlastnosti
- **Ochranný povlakový systém:** celkový souhrn vrstev kovových materiálů nebo pigmentovaných nátěrových hmot pro zajištění ochrany proti korozi
- **Ochranný nátěrový systém:** celkový souhrn vrstev nátěrových hmot, které mají být nebo byly nanесeny na podklad pro zajištění ochrany proti korozi
- **Podklad:** povrch, na který je nebo má být nanесena nátěrová hmota
- **Místní oprava:** místně omezená oprava (včetně přípravy povrchu) znehodnoceného systému na ochranu proti korozi
- **Částečná obnova:** místní oprava vad povlaku včetně následující přípravy povrchu a nanесení nejméně jedné krycí vrstvy po celé ploše
- **Celková obnova:** úplné odstranění ochranného nátěrového systému a nanесení nového
- **Kontrolní plocha:** plocha, na které jsou zkoušeny vlastnosti nově nanесeného povlaku [40]

Nátěrové hmoty jsou základní metodou ochrany ocelových konstrukcí proti korozi. Vyrábí se ve stavu tekutém, gelovém, práškovém, pastovitým a nanášejí se v jedné nebo více vrstvách. Vhodnou kombinací dvou, nebo více jednotlivých druhů nátěrů se vytvoří nátěrový systém. Podle účelu se nátěry dělí na vnitřní, vnější, ohnivzdorné, odolné proti agresivním chemickým látkám, vlhkosti apod. Vzhled výsledného filmu může být různý (lesklý, matný, atd.). Nátěry se nanášejí podle tzv. nátěrových postupů stanovených výrobcem a je nutné je dodržovat. [16]

Nátěrový systém se skládá z několika vrstev na sobě. Tyto vrstvy obvykle jsou: základní nátěr, střední vrstvy a vrchní nátěr. Pokud jde o jejich klasifikaci, základní nátěr je aplikován na očištěný ocelový povrch a jeho funkcí je zvlhčit povrch, zajistit dobrou přilnavost pro další vrstvy a zabránit korozi. Dříve se často jako základní barva ocelových konstrukcí používal suřík, což byla velice kvalitní nátěrová hmota. Byla na bázi olova, proto se v současné době z ekologických důvodů nepoužívá. Při odstraňování starých suříkových nátěrů se musí dbát na to, aby se nedostala do vody a půdy, musí se s ní nakládat jako s jedovatým odpadem.

Střední vrstvy nátěru tvoří podstatnou část tloušťky ochranného systému. Těmito vrstvami se mohou stát těsnící vrstvy zmírňující penetrační účinek nebo nátěr zvyšující celkovou ochranu tím, že zvětšuje tloušťku. Vrchní nátěr tvoří první zábranu proti účinkům prostředí. Dodává požadovanou barevnost, lesk a povrchovou odolnost nátěrového systému. [7]

Tabulka 6 - Označení a doby požadované životnosti protikorozi ochrany (ČSN 12944-5:2018) [40]

Označení a doba požadované životnosti			
pro nátěrové systémy podle ČSN EN ISO 12944-5		pro kovové povlaky podle ČSN EN ISO 14713	
životnost	doba životnosti (roky)	životnost	doba životnosti (roky)
Nízká L	Do 7 let	Krátká	< 5
Střední M	7 - 15	Střední	5 - 10
Vysoká H	15 - 25	Dlouhá	10 - 20
Velmi vysoká VH	> > 25	Velmi dlouhá	> 20

Zásady aplikace nátěrového systému

- Příprava povrchu před nátěrem (čištění a mechanická předúprava).
- Volba nátěrového materiálu a skladby systému.
- Podmínky životního prostředí pro provedení a vysychání nátěrových hmot.
- Respektování vnějších podmínek, životnosti a ceny.
- Základní nátěr musí být zhotoven nejdéle do 4 hodin po očištění povrchu, za příznivých podmínek (sucho, bezvětrí atd.) lze tento interval prodloužit až na 8 hodin.
- Základní nátěr se nanáší pouze ručně štětcem (neurčuje-li výrobce jinak) a musí překrýt drsnost profilu podkladu.
- Další vrstvy se aplikují přednostně stříkáním. Použití štětce nebo válečku je možné v případě materiálových nebo ekologických důvodů a dále při místních opravách. Jednotlivé vrstvy musí být barevně odlišeny pro případnou kontrolu!
- Každý nátěr musí být nanesen rovnoměrně v předepsané tloušťce (horní a dolní hranice pro tloušťku filmu).
- Minimální a maximální intervaly mezi jednotlivými nátěry jsou stanoveny výrobcem pro každou nátěrovou hmotu.
- Dojde-li během aplikace k poškození nebo nedodržení předepsané tloušťky vrstvy, je nutné neprodleně provést opravu.
- V případě následných svařečských prací se povrchová ochrana ukončí ve vzdálenosti 50 – 150 mm (podle tloušťky svařovaného materiálu) od svařovaných hran.
- Montáž nebo manipulaci provádět s konstrukcemi nebo zařízeními až když je povrchová ochrana dostatečně zaschlá nebo vytvrzená. Doba zasychání a vytvrzení je uvedena v materiálovém listu nátěrové hmoty. [16]

Pro dodržení ochranných vlastností v kritických místech konstrukce (hrany, svary, nýty ap.) se provádí navíc přídatný nátěr těchto míst, tzv. pásový nátěr. Pásový nátěr je nedílnou součástí vrstvy a slouží k dosažení jmenovité tloušťky, do celkové tloušťky ochranného nátěrového systému se nezapočítává. [16]

3.5.4 Elektrochemická ochrana

Účinkem stejnosměrného elektrického proudu lze výhodně působit na elektrochemické korozní pochody na povrchu kovu a dosáhnout tak zmenšení korozního napadení, nebo mu úplně předejít. Podstata spočívá v záměrném vytvoření galvanického makročlánku s požadovanou polaritou. Elektrochemická ochrana se provádí dvěma metodami:

Katodická ochrana, při které se chráněný předmět stává katodou. Katodická ochrana se provádí dvěma způsoby:

- pomocí obětované elektrody, která je zhotovena z materiálu s nižším elektroodovým potenciálem, než má chráněný materiál. Například pro ochranu oceli se užívá obětovaná elektroda zhotovená ze Zn, Al, Mg
- pomocí stejnosměrného elektrického proudu, kdy chráněný předmět je připojen na katodu a anoda je zhotovena z relativně málo rozpustného vodivého materiálu; tím bývá grafit, olovo, titan, korozivzdorné oceli.

Použití: ochrana potrubí a nádrží uložených v zemi (ropovody, plynovody,...) a některých ocelových konstrukcí.

Anodická ochrana, při které se chráněný předmět stává anodou. Záporný potenciál je vytvořen připojením chráněného materiálu na záporný pól zdroje stejnosměrného proudu. Anodická ochrana je použitelná pouze u materiálů snadno vytvářejících pasivní vrstvu (titan, korozivzdorná ocel). [17] [18]

4 Zkoušky a plánování kontrol

Základní pojmy:

- **Podklad:** povrch, na který je nanesena nebo má být nanesena nátěrová hmota
- **Povlak:** souvislá vrstva vytvoření jednou nebo vícenásobnou aplikací nátěrového materiálu na podklad
- **Tloušťka filmu:** vzdálenost mezi povrchem filmu a povrchem podkladu
- **Referenční materiál:** materiál, jehož chování je při zkoušce známo
- **Referenční vzorek:** část referenčního materiálu, která má být exponována s cílem zkontrolovat opakovatelnost výsledků zkoušky
- **Zkušební vzorek:** určitá část vzorků, na kterých se provádí zkouška [19]

4.1 Dlouhodobé zkoušky

Nejreálnějším přístupem je zkouška v přírodním prostředí. Jelikož není možno toto prostředí ovládat, je zřídka kdy možno zajistit, aby požadované extrémní prostředí bylo v době zkoušky k dispozici. V takových případech se přistupuje k laboratorním urychleným zkouškám, je však nutno vzít do úvahy skutečnost, že všechny faktory, které tvoří přírodní prostředí, nebude možno přesně reprodukovat. Dlouhodobé zkoušky probíhají v atmosférických podmínkách, provozních podmínkách nebo jiných reálných prostředích. Atmosférická koroze je nejrozšířenější druh koroze a proto právě prvními zkouškami bylo vystavování vzorků v síti atmosférických stanic. Jejich výsledky stanovují dobu, po kterou zůstane nátěr neporušen a končí úplnou degradací nátěru. Jsou vysloveně dlouhodobého charakteru. Vývojem a požadavky moderní doby došlo i k rozvoji zrychlených přírodních zkoušek. [20] [21]

4.2 Laboratorní urychlené zkoušky

Pro stanovení vhodných zkoušek a jejich proměnných musí být využit proces přizpůsobení. Kdykoliv je to možné, měly by být pro stanovení zkušebních parametrů využity údaje získané ve skutečných podmínkách. Pokud nejsou měřené údaje dostupné, mohou být použity údaje analyticky odvozené a získané při podobných aplikacích. Dokumenty obsahující požadavky musí ve všech případech definovat předpokládané pracovní varianty pro zkoušený předmět tak, aby se mohly podmínky pro zkoušku v daném prostředí odvodit. Laboratorní zkoušky napodobují přírodní, provozní či jiné specifické podmínky. Používají zkušebních vzorků definovaných rozměrů a tvaru, které jsou podrobovány účinkům definovaného korozního prostředí. Jde o zkoušky, jejichž časová náročnost je vyjádřena ve dnech, týdnech až měsících. Jsou obvykle normovány, takže lze výsledky porovnávat. Modelují rozhodující činitele korozního prostředí. Na základě studia činitelů, které způsobují a ovlivňují atmosférickou korozi se při zkouškách využívá jako korozních činitelů vysoká relativní vlhkost vzduchu, působení kyselinotvorných plynů (SO_2 , HCl , Cl_2), rozpustných látek (Cl^-), vody, vlivu vyšší teploty a světelného záření, rovněž i biologických činitelů. [20] [21]

4.2.1 Vizualní kontrola

Jedná se o základní kontrolu, která je nejlevnější a u nátěrů je prakticky prováděna vždy. Kontroluje se, zda je povlak čistý, provedený rovnoměrně po celé ploše, neobsahuje nečistoty nebo mechanická poškození, stečené kapky, bubliny, tzv. pomerančový povrch nebo jiné zjevné vady. Přesto, že na provádění vizualní kontroly jsou stanovené normy (ČSN 03 8510, ČSN 03 8153, ČSN 03 8221), je **hodnocení subjektivní**.

4.2.2 Zkouška v neutrální solné mlze (ČSN EN ISO 9227)

Nejrozšířenější a nejpoužívanější urychlenou korozní zkouškou je zkouška korozní odolnosti v solné mlze (NSS), při které jsou vzorky kontinuálně exponovány v mlze neutrálního chloridu sodného o koncentraci 5% při teplotě 35 °C. Druhou variantou je zkouška okyselenou solnou mlhou (AASS). To je metoda, při které jsou vzorky exponovány 5% roztokem chloridu sodného okyseleného přidáním kyseliny octové. Třetí variantou je 5% roztok chloridu sodného s přídavkem chloridu měďnatého a ledové kyseliny octové (CASS). Zkouška v solné mlze a její varianty jsou často kritizovány pro nízkou reprodukovatelnost a nerealistické podmínky vedoucí k omezené korelaci s výsledky expozic v reálných aplikačních podmínkách. Proto v posledních desetiletích zejména automobilový průmysl investoval do vývoje řady moderních cyklických zkoušek, které zahrnují střídající se fáze solné mlhy, fáze sušení a fáze ovlhčení. V některých postupech jsou definovány také fáze vymrazování, rychlé změny teploty a působení ultrafialového záření (UV). Výsledky cyklických korozních zkoušek lépe odpovídají dlouhodobým zkušenostem a poskytují významně správnější predikci chování materiálů v servisních podmínkách. Tato zkouška je vhodná jako zkouška kvality pro výrobky a dílce z čistých kovů a slitin, kovové povlaky, konverzní vrstvy a organické povlaky. [19]



Obrázek 15 - Komora pro zkoušku v solné mlze

4.2.3 Umělé stárnutí expozicí UV zářením (ČSN EN ISO 11 341)

Značný vliv na nátěrové hmoty může mít i dlouhodobé působení UV záření spojené se zvýšenou teplotou. Může docházet ke změnám odstínu, ztrátě lesku, praskání, delaminaci, žloutnutí, odlupování a ztrátě mechanického nátěru. Zkouška umělého stárnutí expozicí UV zářením spočívá ve vystavení vzorků dlouhodobému přímému působení záření pomocí UV zářivek za zvýšené teploty (přibližně 40°C), případně kondenzaci vody ve zkušební komoře. [34]



Obrázek 16 - Uzavřená a otevřená komora pro zkoušku umělým stárnutím expozicí UV zářením

4.2.4 Zkouška tvrdosti (ISO 15184, ISO 2815)

Teplota a relativní vlhkost při zasychání i při měření má značný vliv na výsledek měření tvrdosti nátěru, stejně jako tloušťka a stáří nátěru. Zkouškou tvrdosti je možné kontrolovat dodržení předepsaných podmínek pro zpracování nátěru, případně jakost nátěrové hmoty. Tvrdost nátěru se měří několika smluvními metodami, nejjednodušší zkouškou tvrdosti je **metoda tužková (ISO 15184)**, kterou se zjišťuje povrchová tvrdost nátěrů. Na váhy se položí sklo s nátěrem a tužkou se píše vlnovka pod úhlem 30° při zatížení 300 + 15 g. Vždy se začíná od tužky nižší tvrdosti, která po nátěru píše, ale nepoškozuje povrch. Následuje další tužka s vyšší tvrdostí, až se dostaneme k tužce, která do povrchu filmu vytvoří rýhu, kterou není možné setřít prstem. Výsledkem zkoušky je hodnota tvrdosti tužky, která první při daných podmínkách zanechala stopu na nátěru.



Obrázek 17 - Zkouška tvrdosti tužkovou metodou

Buchholzova zkouška. Norma **ISO 2815** specifikuje provedení zkoušky tvrdosti jednovrstvého nebo vícevrstvého nátěru, laku nebo podobného výrobku pomocí specifikovaného zařízení (Buchholz). Vryp (určité délky) se vytvoří, když je ostří specifikovaného tvaru a rozměrů položeno za definovaných podmínek na nátěr a tím je indikována deformace povlaku. Výsledek je vyjádřen jako funkce převrácené hodnoty délky vrypu. Jeho hodnota roste, když vzrůstá žádaná vlastnost (odolnost proti vrypu). [33]

4.2.5 Zkouška ohybem na válcovém trnu (ČSN EN ISO 1519)

Odolnost nátěrového filmu při ohybu je jeho schopnost odolávat deformaci, netvořit trhlinky a neodlupovat se. Při ohybu podkladu s nátěrem se zjišťuje nepřímou vláčností filmu a jeho přilnavost. Zkušební vzorek s naneseným nátěrem se upne do zkušebního zařízení a ohýbá se kolem válcového trnu, ohnutý vzorek se vizuálně zkoumá, zda nátěr při dohodnuté nebo předepsané velikosti trnu praskl (vyhověl/nehověl). Případně se stanovuje průměr nejmenšího trnu, při jehož použití nátěr praskne, nebo se oddělí od podkladu. Zkouška se provádí na kovovém vzorku, který sám snese ohyb bez narušení. Zkouška se provádí ohýbáním vzorků přes trn o průměru 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 a 32 mm o 180°. Odolnost při ohybu se většinou vyžaduje u nátěrů, které jsou ještě po své aplikaci na předmět vystaveny mechanickému namáhání.



Obrázek 18 - Zkouška ohybem na válcovém trnu

[32] [33]

4.2.6 Odolnost při hloubení (ČSN EN ISO 1520)

Zkouškou se stanoví odolnost nátěrů vůči prasknutí nebo odloupenutí od kovového podkladu, při vystavení odstupňované deformaci hloubením. Zkouška probíhá v Erichsenově přístroji, pozvolným vtlačováním ocelové koule o průměru 20 mm do zkoušeného vzorku opatřeného nátěrem. Výsledkem je hloubka prohloubení plechu do porušení nátěru v mm. Při hloubení se plech a film neprotahuje plynule rovnoměrně, deformace je nejvyšší po okrajích vytlačené deformované polokoule. [31] [33]



Obrázek 19 - Zkouška odolnosti při hloubení

4.2.7 Stanovení tloušťky nátěru (ČSN EN ISO 2808)

Tloušťka nátěrů má vliv na výsledky zkoušek mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti. Je základní zkouškou, která by se neměla nikdy zanedbat. Tloušťka nátěrů se udává v mikrometrech (μm). Zkoušky měření tloušťky nátěrů se dělí do dvou skupin:

- **Nedestruktivní metody:** měření měřícím hřebenem a měřícím kolečkem pro měření mokrého filmu. Měření mikrometrem, úchylkoměrem, odtrhová magnetická metoda, metoda magnetického toku, elektromagnetická metoda, metoda vířivých proudů. Výhodou těchto metod je neporušení nátěru, ale přesnost měření je ovlivňována druhem podkladu i fyzikálně-mechanickými vlastnostmi nátěrů.



Obrázek 20 - Elektromagnetická zkouška tloušťky nátěru

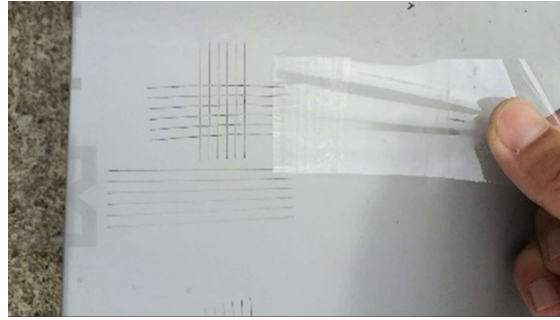
- **Destruktivní metody:** metoda vpichová, metoda mokré stopy. Výhodou těchto metod je rychlé a poměrně přesné stanovení nenáročné na přístrojové vybavení. Nevýhodou je porušení nátěrového filmu. [33]

4.2.8 Stanovení přilnavosti nátěru mřížkovou zkouškou (ČSN EN ISO 2409)

Podstatou metody je zhotovení dvou na sebe kolmých řezů (nožem se šesti břity) ve tvaru mřížky do nátěru a vizuální hodnocení stavu nátěru podle stupnice. Tato metoda tak určuje odolnost nátěru vůči oddělení od podkladu. Pomůckami pro provedení zkoušky jsou: řezný nástroj (nůž s 6 ostrími vzdálenými od sebe 1 nebo 2 mm), dále vodící šablona, obrázková příloha, samolepící páska (průhledná, šířky 25 mm, s přilnavostí 10+1 N na 25 mm). Zkoušku je možné provést na hotových výrobcích nebo speciálně připravených vzorcích. Podle druhu podkladu, tvrdý-ocel, nebo měkký-dřevo, plasty, jsou upraveny podmínky zkoušky. [30] [33]



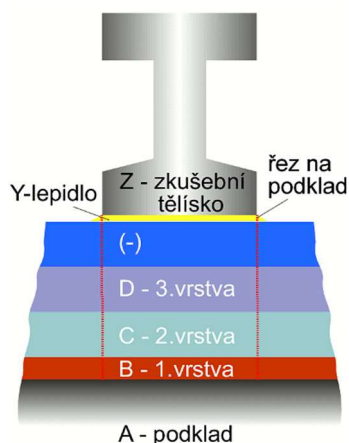
Obrázek 22 - Nástroj s břity pro mřížkovou zkoušku



Obrázek 21 - Mřížka vyřezaná v nátěru

4.2.9 Stanovení přilnavosti nátěru odtrhovou zkouškou (ČSN EN ISO 4624)

Zkouška pro stanovení přilnavosti jednovrstvých nebo vícevrstvých nátěrů, změřením minimálního tahového napětí, potřebného k oddělení nebo odtržení nátěru kolmo od podkladu. Výsledkem zkoušky je minimální tahové napětí, které se musí vynaložit k odtržení nejslabší vrstvy. Zkouška může být provedena na různých podkladových materiálech. Jsou stanoveny odlišné postupy, jestliže podklad je deformovatelný (plasty, tenký kov). Na zkoušený povlak se přilepí zkušební váleček „panenka“, o průměru 20 - 30 mm, z oceli, (vysokopevnostního hliníku) dostatečné tloušťky, aby bylo vyloučeno během provádění zkoušky nebezpečí deformace. Hodnocený povlak a panenku je třeba předem zdrsňit brusným papírem a odmastit. Dále se rozmíchá lepidlo a nanese se rovnoměrně na styčnou plochu panenky. Panenka se poté tlakem přilepí na zkoušené místo. Vytačené lepidlo se odstraní, dodrží se doba potřebná k vytvrzení lepidla. Poté se prořízne povlak okolí panenky a na panenku se nasadí odtrhový přístroj, nastaví stupnice na nulu a pomalu se zvyšuje napětí, rychlostí nepřevyšující 10MPa.s, kolmo k rovině natřeného podkladu (při přetržení se ozve hlasité bouchnutí). Odečte se hodnota odtrhové pevnosti v MPa. Provedou se nejméně 3 měření. [29] [33]



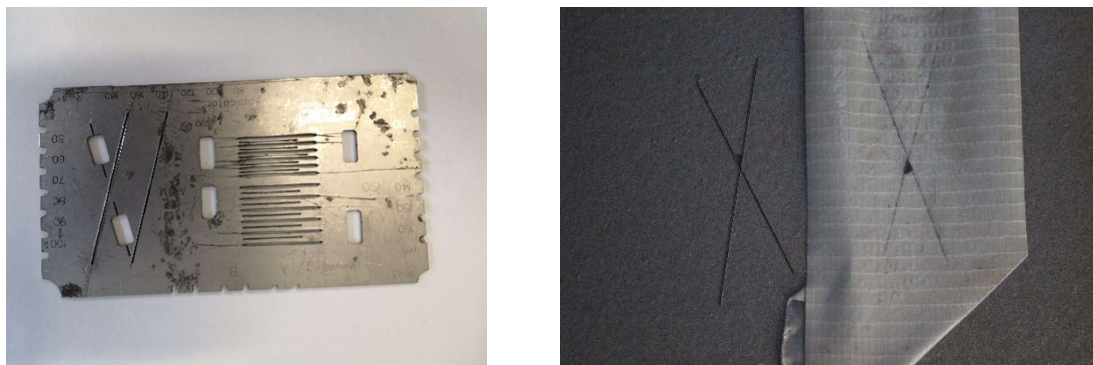
Obrázek 23 - Schéma odtrhové zkoušky



Obrázek 24 - Ruční odtrhový přístroj

4.2.10 Stanovení přilnavosti nátěru křížovým řezem (ASTM D 3359)

Další variantou stanovení přilnavosti nátěru je zkouška křížovým (X) řezem, kterou specifikuje norma ASTM D 3359. Zkouška je vhodná pro stanovení přilnavosti nátěru v terénu. Na čistém a suchém povrchu se provedou dva řezy nátěrem až k podkladovému materiálu, každý o délce 40 mm, které se vzájemně protínají poblíž v jejich středu, v úhlu (30 - 40)°. Řez se přelepí k tomu určenou lepicí páskou. Po odtržení lepicí pásky, přilepené v místě křížení řezů, se plocha řezu hodnotí dle stupnice uvedené v normě od hodnoty stupně 5A do 0A, kde 5A značí - nátěr se neodlupuje a 0A - odpadávání nátěru mimo plochu. [28] [33]



Obrázek 25 - Šablona pro křížový řez a křížový řez v nátěru

4.2.11 Zkouška v trvalé kondenzaci vody (ČSN EN ISO 6270-2)

Podstatou této metody je vystavení vzorku s nátěrem kondenzaci vody v klimatické komoře. Účinky expozice se hodnotí podle kritérií předem dohodnutých stran. Teplota v klimatické komoře během kondenzace je $40 \pm 3^\circ\text{C}$. Zkušební prostředí může mít buď konstantní vlhkost nebo proměnné parametry teploty a vlhkosti. Pokud má na vzorek důležitý vliv vlhkost prostředí i změna teploty, doporučuje se zvolit zkouška s proměnnými parametry. Při působení vody může mít významný vliv i množství vody zkondenzované na povrchu nátěru. Toto množství bývá ovlivněno okolní teplotou v místnosti nebo chlazením zkušebního vzorku. V případě prostředí s proměnnými parametry se obvykle použije 24 hodinový cyklus. Přehled zkušebních prostředí, dob trvání cyklu a podmínek je uveden v tabulce. Po dohodě lze použít i jiné cykly, záleží na dohodě mezi zúčastněnými stranami. [27]



Obrázek 26 - Komoře pro zkoušku trvalou kondenzací vody

Tabulka 7 - parametry zkoušky kondenzací vody [27]

Zkušební prostředí		Doba trvání cyklu		Podmínky v komoře po dosažení rovnováhy	
Typ	kód	Fáze zkoušky	Celkem	Teplota vzduchu	Relativní vlhkost
Prostředí s konstantní vlhkostí	CH	Od zahřátí do ukončení expozice	-	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	Přibližně 100% s kondenzací na zkušebních vzorcích
Prostředí s proměnnými parametry	S proměnnou vlhkostí a teplotou vzduchu	AHT	24 h	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	Přibližně 100% s kondenzací na zkušebních vzorcích
				18 °C až 28°C	Bližící se vlhkosti okolí
	S proměnnou teplotou vzduchu	AT	24 h	$(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$	Přibližně 100% s kondenzací na zkušebních vzorcích
				18 °C až 28°C	Přibližně 100% (přibližně nasycená)

4.3 Plánování kontrol

Kontrolou a údržbou ocelových konstrukcí, pozemních a inženýrských staveb se zabývá norma **ČSN 73 2604:2012**. Cílem kontroly povrchových úprav je zvýšení kvality protikorozní ochrany a následné prodloužení životnosti ocelových konstrukcí. Pro hodnocení aktuálního technického stavu a zbytkové životnosti konstrukcí a zařízení se provádí analýzy stavu. Výsledkem je získání komplexních informací o technickém stavu, který umožňuje rozhodnout za jakých podmínek a jak dlouho je možno konstrukci bezpečně provozovat, případně jakým způsobem a kdy je potřeba provést opravu. Analýza by měla začínat u kontrolních ploch na konstrukci.

Kontrolní plochy na konstrukci slouží:

- pro kontrolu správnosti údajů dodaných výrobcem nátěrových hmot nebo dodavatelem prací
- ke kontrole stavu povlaku v každém okamžiku po jeho zhotovení,
- případně i pro účely záruky.

Kontrolní plochy se zřizují u nové protikorozní ochrany, u údržbových nátěrů pouze pro velké plochy. Zhotovují se v místech, která jsou typická pro korozní namáhání konstrukce jako celku. Velikost a počet kontrolních ploch se stanovuje proporcionálně k velikosti konstrukce v rozmezí od 1 m² do 20 m² (ČSN EN ISO 12 944-7 a 8). Všechny kontrolní plochy musí být přesně zdokumentovány a trvale označeny. [16]

Záznam o kontrolní ploše by měl obsahovat:

- počet a tloušťky vrstev,
- způsob přípravy povrchu,
- údaje o použitých nátěrových hmotách
- technologie nátěru (způsob nanášení, doba zasychání jednotlivých vrstev a klimatické podmínky) [16]

Postup při zpracování analýz:

- Získání veškerých dostupných informací o konstrukčním a technologickém provedení, provozních podmínkách a historii.
- Stanovení kritických míst konstrukce dle nejvýznamnějších degračních mechanismů.
- Zhodnocení historie provozu, stupně opotřebení a zbytkové životnosti konstrukce.
- Zpracování plánů oprav, kontrol a doporučení intervalů mezi jednotlivými kontrolami.
- Zhodnocení výsledků. [16]

5 Údržba a opravy

Údržba a opravy vychází ze dvou principů. První je plánovaná životnost (pro celkovou obnovu), druhý plánovitě prováděné kontroly (viz. předchozí kapitola). Na základě těchto kontrol a s přihlédnutím k možnostem se provádějí opravy a další údržbářské zásahy. Volba vhodného typu (stupně) údržby závisí zejména na stavu korozního napadení.

Rozlišujeme tři druhy oprav:

- Malé (místní opravy)
- Částečná oprava
- Obnova

Údržbu a následnou opravu konstrukcí si určuje každý vlastník sám na základě životnosti povrchové úpravy, ale také podle aktuálního stavu zjištěného při pravidelných kontrolách. Pro údržbu konstrukce je důležité znát původní povrchovou úpravu a její typ, aby byla zajištěna identita. Pokud to není možné, je nutné ověřit slučitelnost nátěrových hmot nebo provést konzultaci s výrobcem. Ověření přilnavosti (adheze) nátěrů a působení rozpouštědla se provádí na kontrolní ploše přímo na konstrukci. Pro místní opravy se musí zajistit vhodná penetrace, důkladně očištěný podklad a základní nátěr nanášený štětcem, často ve dvou vrstvách. Všechny druhy oprav musí vycházet, kromě protikorozní ochrany i z dalších podmínek zatěžujících konstrukci. O všech opravách a kontrolách je nutné vést kompletní dokumentaci. [6] [26]

Zatřídění ocelových konstrukcí z hlediska požadované spolehlivosti vychází z ČSN EN 1990:2004 podle třídy následků:

- **třída CC3:** velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo velmi významné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí
příklady staveb: stadiony, budovy určené pro veřejnost, kde jsou následky poruch vysoké – např. koncertní sály
- **třída CC2:** střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí
příklady staveb: obytné a administrativní budovy určené pro veřejnost kde jsou následky poruch středně závažné – např. kancelářské budovy
- **třída CC1:** malé následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo malé/zanedbatelné následky ekonomické, sociální nebo pro prostředí
příklady staveb: zemědělské budovy, kam lidé běžně nevstupují (např. budovy pro skladovací účely, skleníky)

5.1 Návrh vhodné údržby

5.1.1 Identifikační údaje stavby

Název stavby: Ocelová mostní konstrukce na železniční trati Turnov – Kralupy nad Vltavou, u města Neratovice

Účel dokumentu: Plán údržby

5.1.2 Základní charakteristika stavby a její účel:

Ocelová konstrukce železničního mostu spojujícího Neratovice a Mlékojedy přes řeku Labe. Železniční most s lávkami po obou stranách vně příhradové konstrukce. Poslední provedení této mostní konstrukce slouží od roku 1991. S ohledem na špatný stav konstrukce byla provedena rekonstrukce a úplná obnova povrchové ochrany v roce 2019.

5.1.3 Povinnosti správce mostu

- Správce provádí (zajišťuje) pravidelně 1x ročně vizuální **běžnou prohlídku**. U konstrukce tohoto typu se vizuálně prohlíží všechny dostupné části konstrukce. Zaznamenávají se případné změny vzhledu, poškození provozem, znečištění, vznik rzi, apod.
- Správce ocelové konstrukce má podle stavebního zákona povinnost ji řádně udržovat. V případě zanedbání údržby je vlastník konstrukce spoluzodpovědný za případné škody.
- **Hlavní prohlídka** konstrukce se provádí po pěti letech, dle stavebního stavu objektu. Zadává ji správce u oprávněného subjektu, nebo organizace, mající k této činnosti oprávnění. Výsledky prohlídky zaznamená správce v mostním listu. Stav konstrukce je při prohlídce fotograficky zdokumentován.
- V případě mimořádné situace (nadměrného zatížení, živelné události – povodeň, požár apod.) objedná správce **mimořádnou prohlídku** u oprávněného subjektu, který provádí i hlavní prohlídky.

5.1.4 Údržba konstrukce se dělí na stavební a nestavební

Nestavební údržba:

- Pravidelné čištění kolejiště a lávek od nečistot.
- Pravidelné odstraňování nečistot a trusu od ptactva stlačeným vzduchem a tlakovou vodou o tlaku min 100 barů, hlavně v místech kde se nečistoty hromadí (styčníky ocelových konstrukcí apod.).
- Čištění a kontrola zábradlí.
- Odstraňování případné vegetace.
- Zimní údržba (odstraňování sněhu a náledí) a s tím související zbytky posypových prostředků

Stavební údržba:

Objednává správce obvykle u odborné firmy. K zajištění kvality těchto prací poslouží jako podklad projektová dokumentace, uložená u správce. Frekvence těchto prací je dána výsledky hlavní prohlídky.



Obrázek 27 - Fotografie mostu Neratovice - Mlékojedy

Tabulka 8 – Tabulka navrhnuté údržby protikorozní ochrany

Č.	Prvek konstrukce	Požadavek minimální životnosti (roky)		Stupeň agresivity	Plán údržby (roky)
		díl	povlak		
1	Hlavní nosné části (hl. nosný systém, mostovka včetně spojů a kotvení)	100	(VV)	C4/C5	5
2	Vzpěry a nosný oblouk	100	(VV)	C4	5
3	Mostní ložiska a kluzné podpěry	100	-	C4/C5	2
4	Nosná část lávky	100	(VV)	C4/C5	5
5	Zábradlí	50	(V)	C4	3
6	Uchycení kolejnic	30	(V)	C4	1 (po zimě)
7	Plechové rošty kolejiště a lávky	30	(V)	C4	5
8	Osvětlení a dopravní značení	30	(V)	C4	1 (po zimě)

[16]

Výsledky kontroly a zjištěné vady jsou popsány v zápise o prohlídce jednotlivých konstrukcí podle ČSN 73 2604, zápis obsahuje také fotodokumentaci zjištěných vad ocelové konstrukce a návrh opatření pro zajištění bezpečného provozu konstrukce.

Klasifikace konstrukcí s ohledem na její bezpečnost provozování dle ČSN 73 6221:2018:

1. použitelná konstrukce

zjištěné závady nemají vliv na použitelnost, např. místní povrchová koroze zábradlí, žebříků, přístupových schodišť, manipulačních nebo kontrolních lávek

2. podmíněně použitelná

závady, které mohou mít v budoucnu vliv na použitelnost, např. počínající povrchová koroze zábradlí, žebříků, přístupových schodišť, manipulačních nebo kontrolních lávek

3. použitelná s výhradou

závady, které mají vliv na použitelnost, ale nevyžadují okamžité přerušování provozu, např. rovnoměrná povrchová koroze zábradlí, žebříků, přístupových schodišť, manipulačních nebo kontrolních lávek, drobné otvory nebo výpaly v pochozím plechu lávek, mírné deformace uvedených konstrukcí

4. omezeně použitelná

závady, které vyžadují okamžité, byť provizorní opatření, např. značně korodované prvky zábradlí, opačně položené podlahové rošty, nadměrně deformované prvky zábradlí atd.

5. nepoužitelná konstrukce

konstrukce není použitelná pro bezpečný provoz, jedná se např. chybějící části zábradlí, žebříků atd., chybějící části podlahových plechů nebo roštů, zkorodované prvky zábradlí atd.

[25]

6 Encyklopedická část

Obsahem této části je zpracování encyklopedie korozních problémů povrchových úprav u ocelových konstrukcí. U jednotlivých problémů je popsán důvod jejich vzniku a možnost opravy, případně jak se problémům vyvarovat. S ohledem na nejčastější povrchovou úpravu je největší část věnována nátěrům.

Rozdělení korozních problémů:

- 6.1 Stav povrchu
- 6.2 Svary
- 6.3 Šrouby
- 6.4 Nýty
- 6.5 Vady nátěrů

6.1 Stav povrchu

Tato kapitola zahrnuje příklady některých typických problémů součástí OK před nanesením protikorozní ochrany. Při mechanické úpravě povrchu by se mělo dbát na požadovanou tloušťku materiálu, aby nedošlo k zeslabení průřezu.

Hrany – řezání plamenem (edges – flame cut)

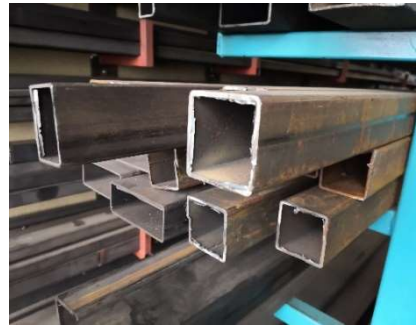


Obrázek 28 - Hrany řezané plamenem [24]

Popis: Ostré hrbolaté hrany v důsledku řezání plamenem.

Oprava: Všechna taková místa na konstrukci by měla být zabroušena a ostré hrany zaobleny. Poloměr hran 2 mm je běžně doporučený pro dobré uchycení nátěru. [24]

Ostré hrany (sharp edges)



Obrázek 29 - Ostré hrany [24]

Popis: Neošetřené ostré hrany na uříznutých dílech konstrukce.

Oprava: Před nanášením povrchové ochrany je nutné odstranit všechny ostré hrany. Poloměr hran 2 mm a větší je běžně doporučený pro dobré uchycení nátěru. [24]

Znečištění olejem (oil contamination)

Popis: Znečištění povrchu vrstvou oleje, naneseného při výrobě.

Oprava: Veškerý olej a mastnoty musí být z povrchu odstraněny před nanášením ochrany povrchu. Pokud na povrchu zůstane zbytek olejové vrstvy, bude bránit dobré přilnavosti nátěrového systému. [24]



Obrázek 30 - Znečištění olejem [24]

Struska (slag)

Popis: Struska, která zůstala na povrchu součásti.

Oprava: Veškerá struska po svařování by měla být mechanicky odstraněna tak, aby zakrytý svar nebo část součásti mohl být zkontrolován a vhodně připraven. [24]



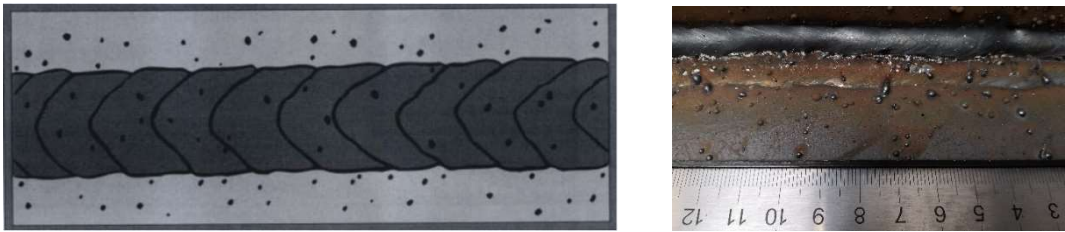
Obrázek 31 – Struska [24]

6.2 Vady svarů ovlivňující povrchovou úpravu

Chyby svařování

Tato kapitola popisuje různé vady svarů, vzniklé při tavném svařování. Není to kompletní soubor všech možných vad při svařování, ale jen těch, které představují problém při aplikaci povrchové úpravy. Před nanášením povrchové úpravy je nutné, aby byl povrch svaru dostatečně upraven. Důvodem pro předúpravu svarů je odstranění ostrých hran, výstupků, rozstřík kovů, okují a zdrsnění podkladu pro dostatečné uchycení povrchové úpravy. Nejčastějšími způsoby předúprav svarů jsou: tryskání, otloukání, kartáčování, broušení.

Rozstřík (spatter)



Obrázek 32 - Rozstřík svaru [34]

Popis: Kapičky svarového kovu, které se zachytí na povrchu svařovaného materiálu, často v malé vzdálenosti od svaru.

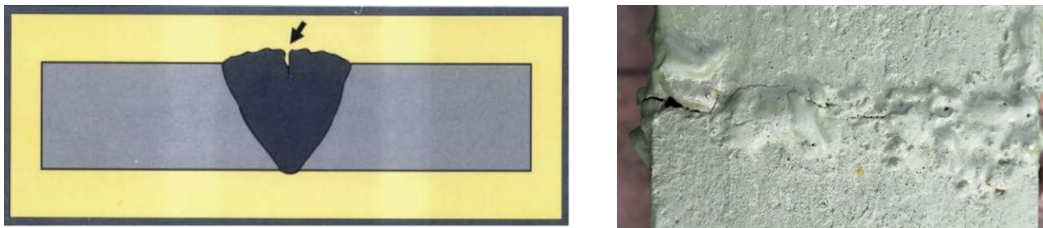
Příčiny:

- Příliš velký svařovací proud a dlouhý oblouk
- Vlhkost nebo nečistota na svařových hranách

Opatření a oprava:

- Snížení svařovacího proudu a délky oblouku
- Použití separačního spreje proti rozstříku
- Očistit a osušit místo svaru
- Mechanické odstranění kapiček [34]

Trhliny (cracks)



Obrázek 33 - Trhliny ve svaru [34]

Popis: Viditelné trhliny v povrchu, různé délky a hloubky.

Příčiny:

- Nevhodný typ elektrody, nevhodná geometrie svaru (velká vzdálenost svařovacích ploch)
- Základní materiál s vysokým obsahem uhlíku a síry
- Velká rychlost chladnutí a tepelná deformace materiálu

Opatření a oprava:

- Použití vhodného základního materiálu vyšší čistoty s dobrou svařitelností
- Zamezení širokých mezer mezi svařovanými díly a zajištění dobrého průvaru kořene
- Stanovení správného svařovacího postupu
- Odstranit vadnou délku svaru plus přibližně 5mm za viditelným koncem trhliny a znovu svařit [34]

Kráterové trhliny (crater pipes)



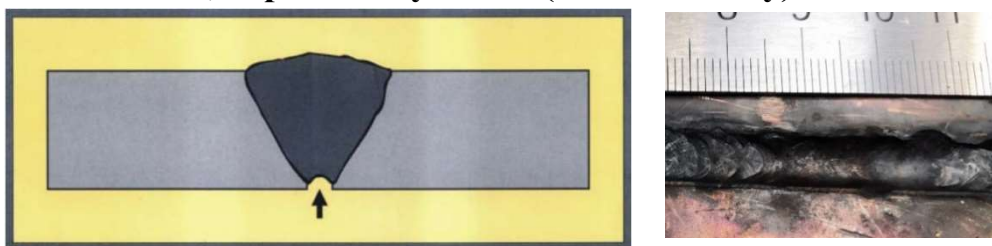
Obrázek 34 - Kráterové trhliny ve svaru [34]

Popis: Kráter způsobený smrštěním při ukončování svaru

Příčiny: Příliš rychlé ukončení svařování (trhlina začínající v dutině kráteru je zapříčiněna vlivem smršťování při tuhnutí svarového kovu)

Opatření a oprava: Vyplnění kráteru při ukončení svařování, nátěr jen vzácně překryje trhlinu [34]

Vtažení kořene, neprovařený kořen (root concavity)



Obrázek 35 - Vtažení kořene [34]

Popis: Stažení svarového kovu v oblasti kořene způsobující hlubokou díru po celé délce svaru

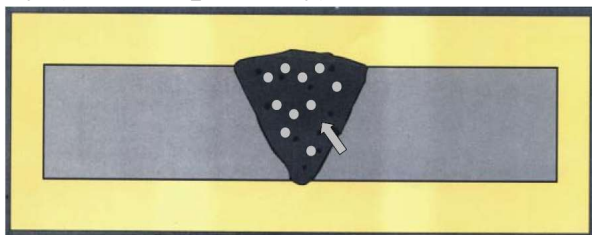
Příčiny:

- Vysoká postupová rychlost a malá mezera mezi svařovanými díly
- Nevhodná příprava svaru a postupu svařování, nedostatek vstupního tepla

Opatření a oprava:

- Snížení rychlosti svařování, zajištění správné mezery mezi svařovanými díly
- Správná svařovací postup
- Vybroušení ostrých hran kořene, případně nanesení svaru ze strany kořene [34]

Póry (surface porosity)



Obrázek 36 - Póry ve svaru [34]

Popis: Póry viditelné na povrchu svaru

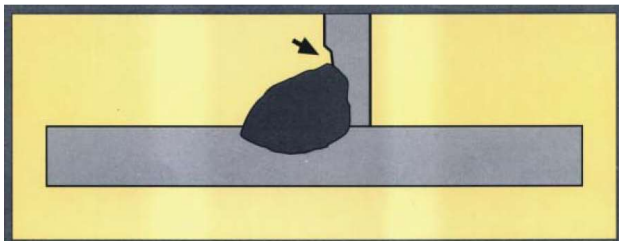
Příčiny:

- Vlhkost nesprávně skladovaných elektrod, mastnota, znečištění prostředím
- Nečistoty nebo ochranné nátěry na svarových hranách
- Vysoká rychlost svařování, příliš dlouhý oblouk

Opatření a oprava:

- Přesušení elektrod dle pokynů výrobce
- Odstranění nátěrů, nečistot a korozních produktů ze svarových ploch, odstranění okují a vysušení vlhkosti na svarových plochách
- Snížení rychlosti svařování, zkrácení délky oblouku
- Před nanesením nátěru musí být póry vyplněny nebo vybroušeny a znovu nanesen svar [34]

Zápaly (undercut)



Obrázek 37 – Zápál [34]

Popis: Vypálená dutina v základním materiálu, vzniklá odplavením svařovaného materiálu při svařování.

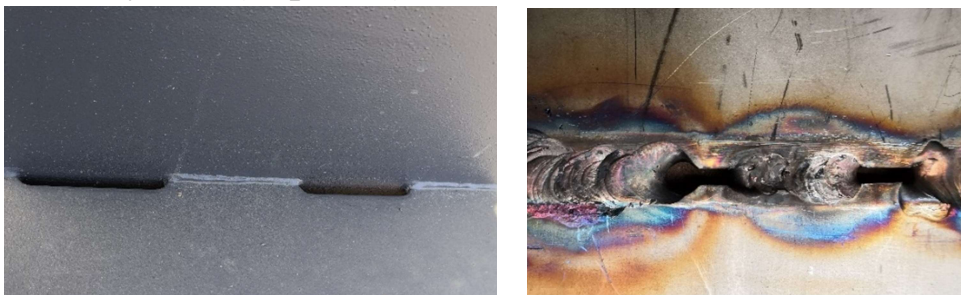
Příčiny:

- Velký svařovací proud, dlouhý oblouk, špatná svařovací technika
- Použití nesprávné elektrody, nebo nesprávný úhel vedení elektrody
- Nevhodný průměr elektrody vzhledem k tloušťce materiálu

Opatření a oprava:

- Nastavení správné intenzity proudu, vhodné délky oblouku a průměru elektrody
- Zvolení správného úhlu vedení elektrody
- Před aplikací povrchové úpravy nutno zabrousit ostré hrany a vyplnit svarem [34]

Vynechaný svar (skip weld)



Obrázek 38 - Vynechaný svar

Popis: Vynechaný nebo přerušovaný svar

Příčiny: Používá se tam, kde je plný svar z konstrukčních účelů zbytečný nebo to může být chyba způsobená při svařování. (obrázek vlevo – správně provedený, obrázek vpravo – chybný svar)

Oprava: Ideálně by měl být použit kontinuální svar. Tam, kde je jeho použití nepraktické by mezery měly být vyčištěny a vyplněny vhodným pojivem k zabránění odlupování nátěru.

Poznámky: Pokud mezery nejsou náležitě ošetřeny, budou tato místa jako počáteční body vzniku koroze. Pokud se jedná o vadu svaru, nutno zabrousit a převarit. [34]

Nadměrně převýšený svar (excess penetration bead)

Popis: Příliš mnoho svarového kovu v místě svaru

Příčiny:

- použití nevhodné elektrody
- pomalá rychlost svařování
- nevhodné parametry svařování

Opatření a oprava:

- správné nastavení svařovacích parametrů
- přebroušení svaru a kontrola provaření [34]



Obrázek 39 - Nadměrně převýšený svar

6.3 Šrouby

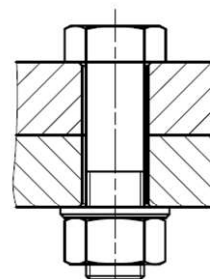
Šroubové spojení umožňuje pevné spojení dvou i více konstrukčních součástí. Největším problémem u šroubového spojení je štěrbinová koroze. Šroubová spojení jsou z mnoha důvodů doplňována různými podložkami (ploché, pružné, vějířové, izolační...). Ty ovlivňují korozi v přímém okolí šroubového spoje. Šroub je nejvíce ohrožen v závitové části, která se nejhůře udržuje. Otvory pro šrouby jsou předepisovány normou, která definuje vůli mezi dírou a dřikem šroubu. V těchto místech může vlivem vlhkosti a nečistot vznikat koroze. Obecně platí, že délka šroubů má být, pokud možno co nejmenší. Při návrhu šroubového spojení by měl být kladen důraz na to, aby šroub nebyl v příliš vlhkém prostředí a byl zajištěn odtok vody.

Zásady při navrhování šroubových spojů:

- 1) **Vhodná kombinace materiálů** – nejlépe volit jeden druh materiálu včetně vhodně zvoleného šroubu. Pro šrouby se vyplatí používat ušlechtlejší materiály než pro jimi spojované prvky.
- 2) **Konstrukce** - koroze vzniká hlavně tam, kde se drží vlhkost a kde je povrch znečištěný. Hrozbou jsou všechny štěrbin, rýhy, záhyby a překryvy plechů, podložky pod šrouby apod. Korozi je možné omezit hladkou konstrukcí bez štěrbin, po které voda volně steče, odplaví nečistoty a je rychle vysušena větrem a sluncem. Díky tomu není elektrolyt přítomný dostatečně dlouho na to, aby se galvanická koroze projevila.
- 3) **Nátěr** – ochrana v místech styku jednotlivých součástí
- 4) **Údržba** – na základě kontroly se poškozené spoje postupně vyměňují

• Šroubové spojení s průchozím šroubem

Šroub s podložkou a jednou nebo dvěma maticemi. Lze spojovat materiály různých druhů i tlouštěk. Komplikace vzniká často i u podložek. Při montáži může dojít k poškození nátěru, především při použití vějířové podložky. V místech poškození začne brzy vznikat koroze. Při zjištění poškození nátěru po dotažení šroubu se spoj musí odmastit a nátěr opravit.

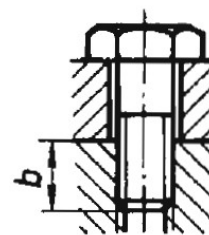


Obrázek 40 - Průchozí šroubové spojení

Oprava: U šroubového spoje, lze v omezeném množství provádět demontáž, očištění (ocelový kartáč), promazání a následné smontování. Přednost má ovšem výměna za nové. Po mechanické opravě následuje oprava nátěru.

• Závrtný šroub

U konstrukcí méně časté šroubové spojení. Vyžaduje přesnou výrobu. Jedna ze součástí má otvor průchozí a druhá má v otvoru závit (může být slepý nebo průchozí). Otvory se často zhotovují až při montáži z důvodu přesného usazení a sousostí otvorů.



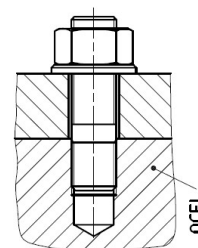
Obrázek 41 - Závrtný šroub

Oprava: Výměna šroubu nebo vyřezání většího závitu a nahrazení šroubu větším šroubem

- **Závrtný šroub bez hlavy**

Obdobné spojení jako závrtný šroub s hlavou. Rozdíl je v tom, že spodní část závitu je pevně utažená v materiálu.

Oprava: Očištění a renovace horní části závitu, nebo pokud je to možné, vyměnit celý šroub

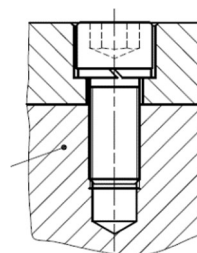


Obrázek 42 - Závrtný šroub bez hlavy

- **Zapuštěný šroub**

Stejné spojení jako u závrtného šroubu s hlavou, ale používají se tam, kde by hlava šroubu překážela. Není vhodné je používat ve vlhkém prostředí z důvodu zadržování vody a nečistot. Nejčastější poškození vzniká u vnitřního šestihranu válcové hlavy šroubu.

Oprava: Výměna šroubu



Obrázek 43 - Šroub se zapuštěnou hlavou

- **Kotevní šrouby**

Používají se ke kotvení ocelových konstrukcí ke stavebním prvkům (zdi, překlady a betonové základy). Jsou namáhány silovým zatížením i povětrnostními vlivy. Důležitá je jejich protikorozní ochrana, protože je nelze vyměnit. Uplatňuje se zde nerezová ocel.

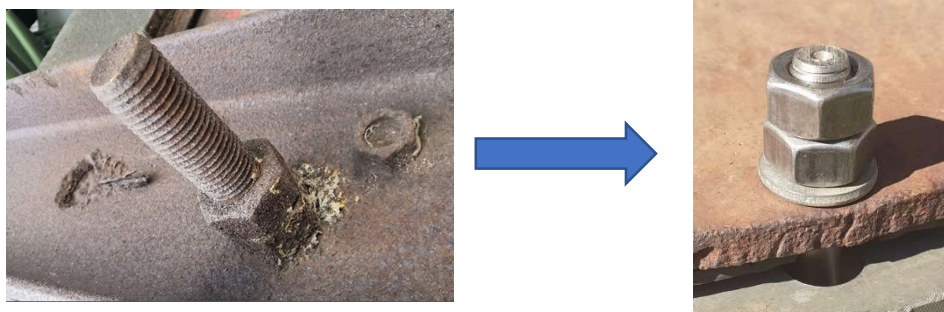
Oprava: Pouze očištění závitu a ochranný nátěr



Obrázek 44 - Kotevní šroub

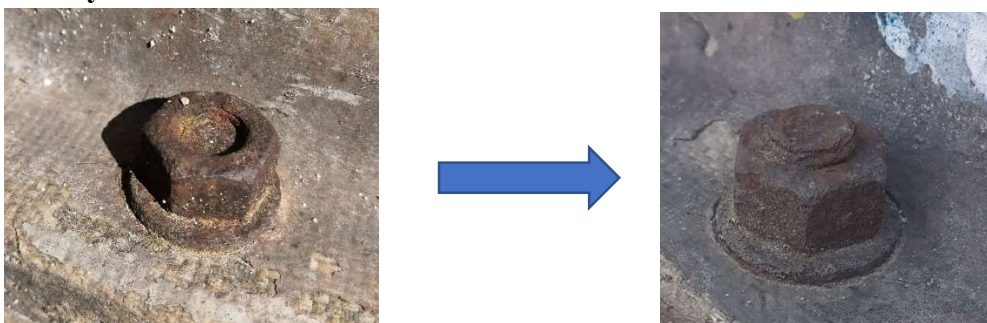
Příklady nesprávně provedených spojů:

Moc dlouhý závit



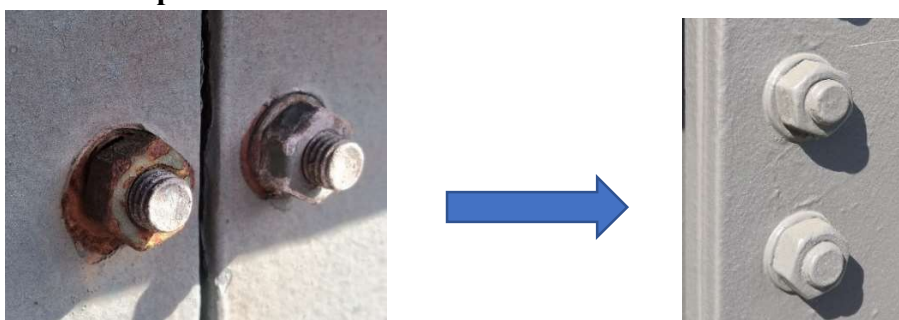
Obrázek 45 - Správné řešení příliš dlouhého šroubu

Krátký závit



Obrázek 46 – Správné řešení příliš krátkého šroubu

Poškození při montáži



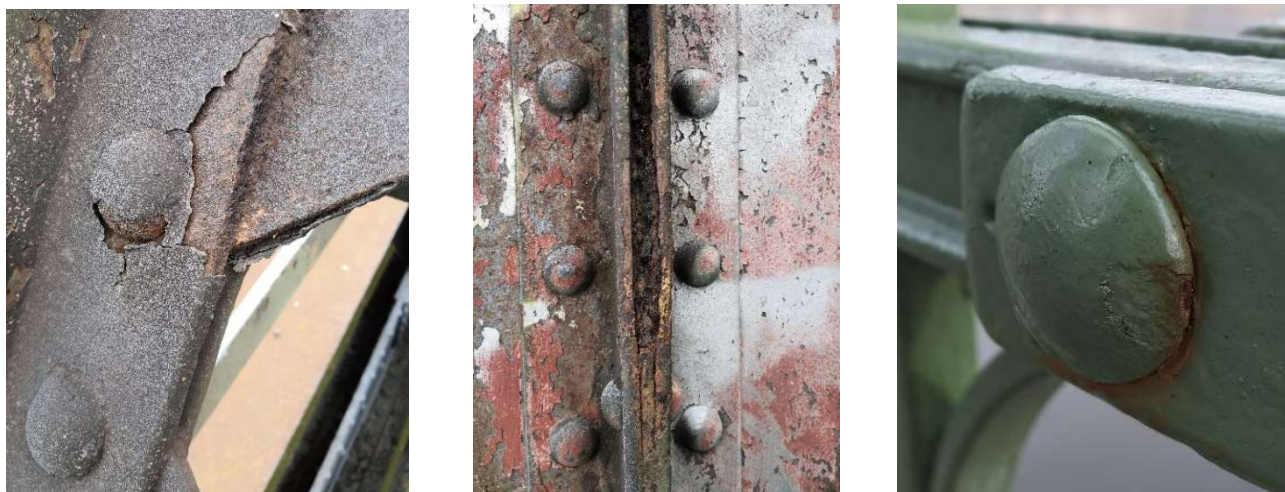
Obrázek 47 - Správné řešení poškození při montáži

6.4 Nýty

Nýtové spoje jsou nerozebíratelné. Nyní se nahrazují svařováním a šroubovými spoji. Stále existuje mnoho nýtovaných ocelových konstrukcí, které jsou mnohdy národními kulturními památkami. Díky dostatečné údržbě stále ještě slouží. Jde více než o 100 mostů, převážně železničních, starších více než 100let.

Oprava (výměna) nýtů je obtížná, proto je důležité na nýtech udržovat ochranné povlaky. Nejčastějším způsobem opravy je otryskání povrchu a nanesení žárového povlaku, na který se dále nanáší nátěry. Pokud vznikne koroze mezi nýtovanými plotnami, oprava často není možná a lze poškození jen omezit nátěry.

Na obrázcích jsou vidět nejčastější korozní problémy nýtů.



Obrázek 48 - Příklady nýtových spojů

6.5 Vady nátěrů

Vady nátěrových povlaků jsou definovány podle ČSN EN ISO 4618. Degradaci a životnost nátěrů ovlivňuje makroklima a mikroklima.

- Makroklimatem, které ovlivňuje svými faktory degradaci, a životnost nátěrů myslíme:
 - 1) Kyslík v atmosféře, který se podílí na základních degradačních procesech
 - 2) Sluneční záření
 - 3) Teplota okolí, ovlivňující teplotu nátěru a rychlost jeho degradace
 - 4) Vlhkost okolí, která je základním faktorem koroze
 - 5) Polutanty v atmosféře, jedná se zejména o oxidy, síry, dusík, ozón atd.
- Mikroklima je rozhodujícím faktorem pro degradační procesy a jejich rychlost. Mikroklima je prostředí, v bezprostřední blízkosti okolo natřeného materiálu. Jde zejména o kolísání teploty v okolí materiálu, které vnáší mezi materiál a nátěrový systém pnutí. Toto pnutí vyvolává síly působící proti kohezni pevnosti, stejně tak působí proti přilnavosti mezi povlakem a podkladem, tedy ke ztrátě adheze. [21]

Mechanické poškození (mechanical damage)



Obrázek 49 - Mechanické poškození nátěru

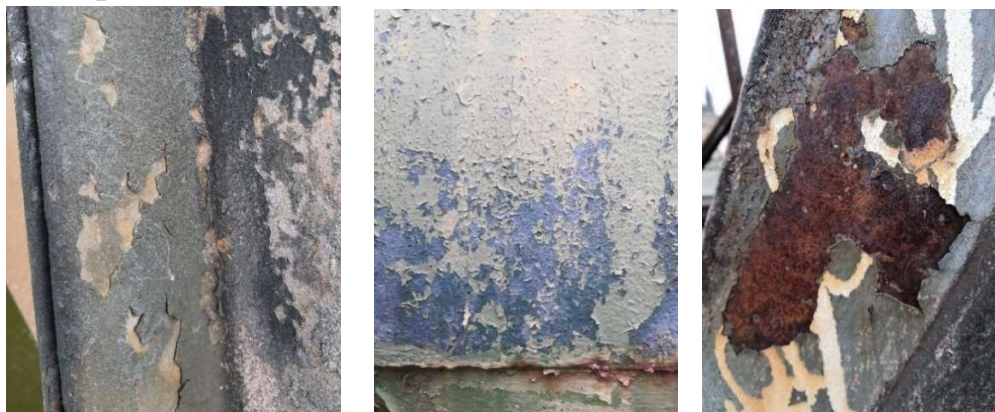
Popis: Mechanické odření, poškrábání, vydlabání nebo vymílání.

Možné příčiny: Odstranění části nátěru z povrchu součásti při styku s jiným objektem nebo při montáži konstrukce, při pokládání na zem a použití řetězů místo zvedacích popruhů (špatné zacházení).

Prevence: Používají se otěruvzdorné nátěry s příměsí pryskyřice k minimalizaci poškození (ve většině případů to omezí odření, ale ne úplně) a vhodné pomůcky ke zvedání součástí.

Oprava: V případě ojedinělého poškození, mechanické očištění a místní oprava. V případě rozsáhlého poškození otryskat a znovu nanést nátěrový systém. [24]

Selhání přilnavosti, delaminace (adhesion failure)



Obrázek 50 - Odlupování nátěru

Popis: Nátěr nepřilne k základnímu materiálu, povlaku nebo k vrstvě předchozího nátěru a začne se odlupovat.

Možné příčiny: Použití nesprávného nátěrového systému, nesoulad mezi nátěrovým systémem a přesažení času potřebného pro natření. Dále kondenzace, špatná předúprava povrchu, znečištění mezi nátěry, nanášení na lesklý (hladký) povrch. Loupaní také může být přisuzováno různému rozpínání a smršťování nátěru a materiálu. Může být i důsledkem stárnutí nátěrového systému.

Prevence: Ujistit se, že před nanesením nátěru je povrch čistý, suchý, neznečištěný (odmaštěný) a správně předupraven. Použití správné nátěrové hmoty a postupy stanovené výrobcem.

Oprava: Závisí na rozsahu selhání přilnavosti. Odstranit veškerý loupající se nátěr, dokud se nedostanete k pevnému okraji. Obrousit, otryskat a celkově očistit a nanést vhodný nátěrový systém dle doporučení výrobce nátěrů. [24]

Stopy štětce (brush marks)



Obrázek 51 - Stopy štětce [24]

Popis: Nežádoucí stopy a rýhy které zůstávají v suché vrstvě nátěru po použití štětce, pokud se vrstva nátěru neslije. Také je možné najít překřížené stopy, kde se střídají vrstvy a jsou nanášeny v opačných směrech. Pokud nejsou rýhy příliš hluboké, nemají velký vliv na kvalitu protikorozní ochrany.

Možné příčiny: Hustota nátěru může být na aplikaci štětcem příliš vysoká. Použití nesprávného ředidla. Nedostatečné promíchání nebo špatná technika nanášení. Směs dvou nátěrů mohla překročit dobu zpracovatelnosti

Prevence: Použít kvalitní štětec a nanést adekvátní tloušťku. Zředit nátěr tak, aby nebyl moc viskózní na nanášení štětcem. Nanést v době zpracovatelnosti. Volit správnou nátěrovou hmotu.

Oprava: Závisí na závažnosti stop po štětcí, důkladně obrousit povrch a znovu nanést správně viskózní nátěr. [24]

Stékání, stečeniny (runs)



Obrázek 52 - Stečeniny

Popis: Někdy nazývané jako záclony. Pohyb vrstvy nátěru směrem dolů, způsobený nahromaděním nadměrného množství nátěru v nerovnostech, nebo při nanesení velkého množství nátěrové hmoty

Možné příčiny: Nanesení velkého množství nátěru, nadměrné použití ředidla, nesprávné (chybějící) vytvrzovací činidlo nebo špatné zpracování. V některých případech to může být problém složení.

Prevence: Použít správné metody nanášení a nanést v doporučené tloušťce na suchý podklad.

Oprava: Pokud je nátěr ještě vlhký, okartáčovat stékající a pokleslý nátěr. Po zaschnutí vrstvy obrousit a očistit kartáčované oblasti a podle potřeby nanést celkový nebo jen místní nátěr v menší tloušťce vrstvy. [24]

Prosvítání (bleeding)



Obrázek 53 - Prosvítání nátěru

Popis: Povrch nebo předchozí vrstva nátěru je vidět skrz vrchní vrstvu nátěru. Často se objevuje u míst, kde je tmavá barva přetřena světlejší barvou.

Možné příčiny: Neadekvátní krycí síla nebo příliš tenká vrstva nátěru. Sytá barva základního/předchozího nátěru.

Prevence: Nanést přiměřenou tloušťku vrstev jednotlivých nátěrů na suchý podklad. Použít neprůhledné nátěry.

Oprava: Očistit povrch a nanést přídatné kompatibilní nátěry. [24]

Degradace nátěru (degradation)



Obrázek 54 - Degradace nátěru

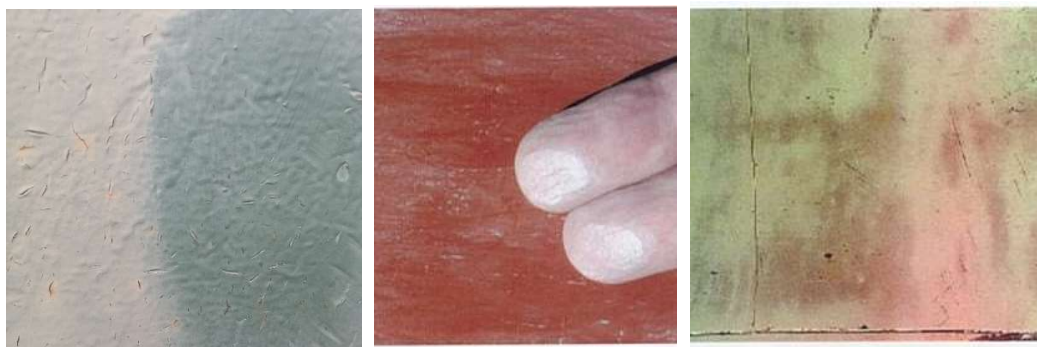
Popis: Znehodnocení základního nátěru v podobě odbarveného povrchu a/nebo drobného práškového povrchu, vlivem prostředí ve formě vyražení koroze

Možné příčiny: Použití nátěru s nevhodným pojivem a/nebo pigmentem, nízká tloušťka vrstvy, nadměrná doba odhalení a agresivní okolní prostředí. Je nutné, aby byla nanesena adekvátní vrstva pro dané prostředí.

Prevence: Použít vhodný vrchní nátěr s vysokou odolností proti vnějším podmínkám.

Oprava: Závisí na rozsahu (místní nebo celková obnova). Poškozený povrch se před nanesením nátěrového systému musí důkladně předupravit, buď mechanickým očištěním (malé oblasti), nebo tryskáním (velké oblasti). [24]

Křídovatění (chalking)



Obrázek 55 - Křídovatění nátěru [24]

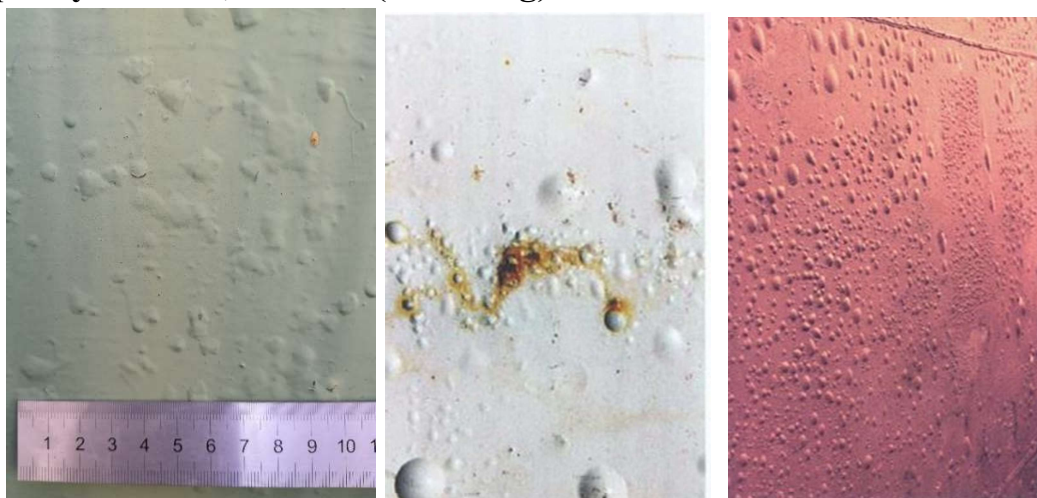
Popis: Drobná, práškovitá vrstva na povrchu vrstvy povlaku. Můžeme vidět také změnu barvy nebo blednutí. Rychlost křídovatění se liší podle koncentrace pigmentu a výběru pojiva. Křídovatění je známou charakteristikou určitých barev např. epoxidové barvy.

Možné příčiny: Rozklad pojiva barvy při vystavení povětrnostním vlivům a/nebo UV záření.

Prevence: Nanést vhodný vrchní nátěr s vysokou odolností ke křídovatění a UV záření.

Oprava: Odstranit všechny práškové usazeniny otřením, vydrhnutím, vysokotlakým čištěním nebo obroušením. Setřít volný materiál a nanést povlak odolný ke křídovatění. [24]

Zpuchýřovatění, bubláni (blistering)



Obrázek 56 - Bublání nátěru [24]

Popis: Výstupky, bubliny nebo puchýře v suché vrstvě barvy kvůli lokální ztrátě adheze a nadzvednutí vrchní vrstvy od základního povrchu. Puchýře mohou obsahovat kapalinu, páru, plyn nebo krystaly. Mohou být neporušené, nebo prasklé (zanechají kráter). Také je možné najít v příliš tlustých vrstvách povlaku, obzvláště když je nanášena sprejem a také při nanášení válečkem.

Možné příčiny: Zpuchýřovatění může způsobovat mnoho mechanismů. Dlouhá doba ovlhčení, korozní produkty, zachycený vzduch/rozpouštědlo v povlaku, který není uvolněn před tím, než povrch uschne. Vysoká okolní teplota během nanášení a nanášení válečkem. Často i kontaminace přítomností rozpustné soli mezi vrstvami nátěru a materiálem. Vnesení vzduchu během míchání.

Prevence: Zajistit správnou předúpravu povrchu a aplikaci nátěru, dodržení pracovních postupů pro větrání atd. Použít vhodný nátěrový systém po testování na rozpustné soli. Když bude podezření kontaminace, je potřeba povrch omýt vodou. Přizpůsobit ředidlem viskozitu a řídit se normami a požadavky na maximální teplotu při aplikaci. K míchání použít správné vybavení, aby se vzduch do směsi nedostal. Nanést slabý povlak, případně přidat odpěňovače do emulzních barev.

Oprava: Závísí na velikosti a typu zpuchýřování. Odstranění zpuchýřované oblasti nebo celého nátěrového systému, omytí vodou a oprava nebo úplná obnova nátěru. [24]

Praskání (cracking)



Obrázek 57 - Praskání nátěru [24]

Popis: Praskání suchého filmu nátěru nejméně skrz jednu vrstvu a viditelných porušení, které mohou proniknout až k základnímu materiálu. Praskání může mít několik stádií, od nepatrného až k vážnému.

Možné příčiny: Praskání může souviset s namáháním a může být připisováno pohybům povrchu, stárnutí, absorpci vlhkosti a nedostatku pružnosti povlaku. Čím tlustší je vrstva nátěru, tím větší je šance, že praskne.

Prevence: Použít správný nátěrový systém, metodu nanášení a tloušťku suché vrstvy. Případně flexibilnější nátěrový systém.

Oprava: Odstranit veškeré popraskané vrstvy nátěru. Znovu správně nanést nátěrový systém nebo flexibilnější systém méně náchylný k praskání. [24]

Díry, krátery (cissing, cratering)



Obrázek 58 - Krátery v nátěru [24]

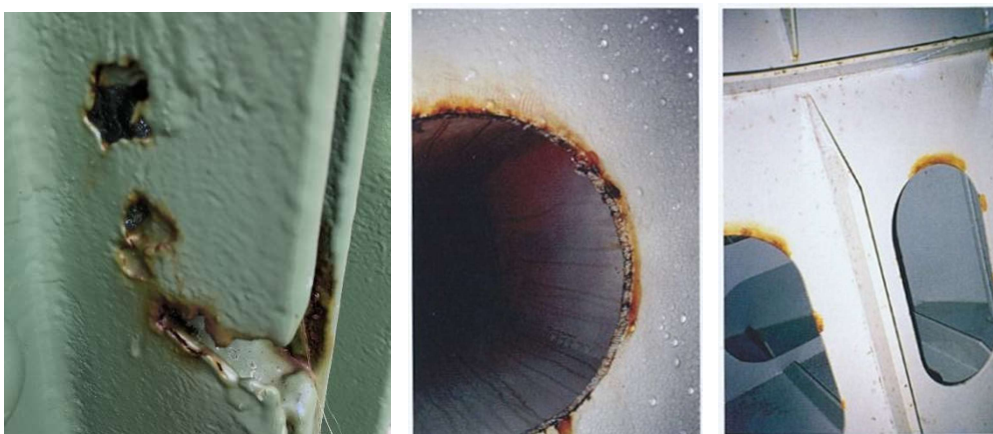
Popis: Tvorba malých děr v mokré vrstvě nátěru během nanášení a schnutí, z důvodu prasknutí vzduchových nebo plynových bublin, které následně vytvoří malé krátery a dírky, které se nesloučili s nátěrem při utváření vrstvy.

Možné příčiny: Znečištění povrchu buď vlhkostí nebo jinou látkou jako je olej, mastnota, silikon atd. Další možností může být rozpouštědlo nebo zachycení vzduchu ve vrstvě barvy. Často se může vyskytovat u porézních nátěrů, jako je základní nátěr plněný zinkem, zinkové silikáty a pokovovací nátěry. Dírky mohou být také způsobeny nesprávným nastříkáním nebo nesprávnou rozpouštěcí směsí.

Prevence: Zajistit, že povrch bude čistý a bez mastnot, oleje a jiných znečištění dříve, než bude nanesen nátěr. Použít správné metody nanášení s vhodnými nátěrovými hmotami, případně nanést penetrační nátěry. Použít správné rozpouštěcí směsi a nátěr ve vhodném prostředí.

Oprava: Obrousit a důkladně očistit znečištěný povrch nebo odstranit nátěr za účelem získání čistého povrchu. Znovu nanést nátěrový systém dle doporučení výrobce. [24]

Hranová koroze (edge corrosion)



Obrázek 59 - Hranová koroze [24]

Popis: Koroze na hranách součástí.

Možné příčiny: Malá tloušťka vrstvy, ostré hrany a nedostatečné odtékání z hran.

Prevence: Ujistit se, že jsou zaobleny všechny hrany, že jsou nanесeny dostatečné vrstvy a že nátěr na hranách dobře drží.

Oprava: Odstranit broušením nátěr, zaoblit hrany a znovu nanést nátěrový systém. [24]

Pomerančová kůra (orange peel)



Obrázek 60 - Pomerančová kůra [24]

Popis: Jednotný důlkový vzhled nátěru, který připomíná slupku pomeranče.

Možné příčiny: Selhání zatékání vrstvy barvy. Většinou způsobeno špatnou nanášecí technikou, špatně namíchaným rozpouštědlem nebo předúpravou povrchu.

Prevence: Použít správnou nanášecí techniku s vhodně předupraveným povrchem.

Oprava: Z estetických důvodů (nemusí to znamenat nedostatečnou ochranu funkci nátěru), celkově obrousit, omýt a znovu natřít. [24]

Podrytí, podkopání (undercutting)



Obrázek 61 - Podrytí nátěru [24]

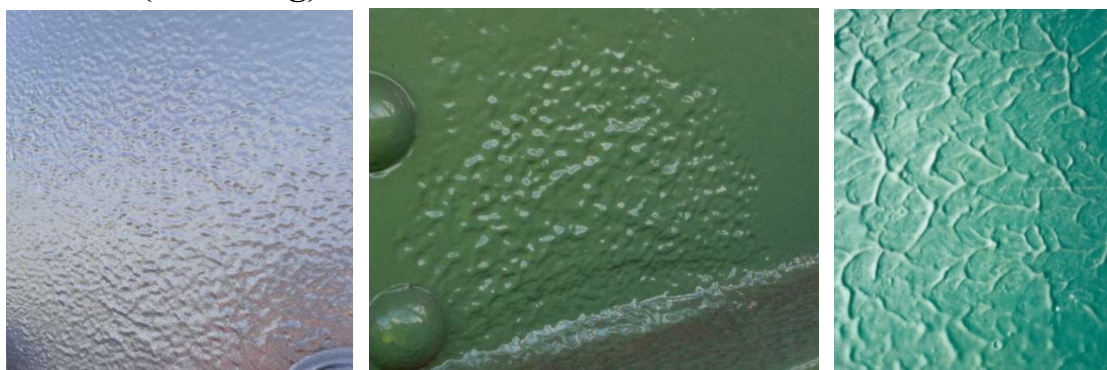
Popis: Koroze putující pod vrstvou nátěru a nadzvedávající nátěr od podkladu.

Možné příčiny: Aplikace nátěru na zkorodovaný podklad. Koroze z mechanicky poškozených oblastí a míst, kde chybí základní nátěr nebo může vzniknout v místech s nedostatečnou předúpravou a nanesením špatné tloušťky nátěru a nedostatečné údržbě.

Prevence: Použít adekvátní nátěrovou hmotu a postupy údržby. Nanést základní nátěr na vhodně předupravený povrch.

Oprava: Místně opravit napadená místa. Očistit místo až na základní materiál a použít vhodnou opravu nátěru podle doporučení výrobce. [24]

Zvrásnění (wrinkling)



Obrázek 62 - Zvrásnění nátěru [24]

Popis: Vznik vrásek (zvlnění) ve vrstvě nátěru během schnutí nátěru.

Možné příčiny: Může být způsobeno natřením další vrstvy nátěru, aniž by předchozí stihla ztuhnout. Příliš velká tloušťka vrstvy zejména u alkydových nátěrů.

Prevence: Použít správné nátěrové hmoty a zajistit dostatečné promíchání, správné nanášení a vytvrzení dle doporučení výrobce nátěru.

Oprava: Odstranit poškozené vrstvy nátěru. Obrousit, očistit a nátěr nanést znovu. [24]

Nečistoty v nátěru (grit inclusions)



Obrázek 63 - Nečistoty v nátěru

Popis: Výstupky v povrchové vrstvě nátěru

Možné příčiny: Nedokonalé očištění základního materiálu, nečistoty v nátěrové hmotě před nanesením. Může dojít ke znečištění mokré vrstvy nečistotami z okolního prostředí při schnutí nátěru.

Prevence: Dostatečně očistit povrch před nanesením nátěru. Chránit nátěr před nečistotami do doby zatvrdnutí.

Oprava: Přebrousit nerovnosti a znovu nanést nátěr. [24]

Vynechání, přeskočení nátěru (misses, skips, holidays)



Obrázek 64 - Vynechání nátěru

Popis: Odkryté oblasti podkladu, které bylo v úmyslu zakrýt nátěrem. Může se týkat i jen jediné vrstvy ve více vrstevném nátěrovém systému.

Možné příčiny: Špatná metoda nanášení. Nedostatečná kontrola kvality. Špatný přístup a konstrukce.

Prevence: Použít správnou metodu nanášení. Nátěr nanést osvědčenými postupy. Nechat zkontrolovat kvalifikovaným pracovníkem.

Oprava: Nanést nátěry na vhodně připravené a očištěné podklady s původní specifikací a postupy opravy, které udává výrobce. [24]

7 Webová aplikace

Součástí experimentální části práce bylo vytvoření webové aplikace, podle které by i někdo nezkušený byl schopný rozeznat konkrétní vady na prohlížené ocelové konstrukci. Ve webové aplikaci lze najít veškeré informace uvedené v této práci.

Na úvodní stránce je možné hned vyhledávat konkrétní korozní vady nebo s tím spojené činnosti, jako jsou možnosti předúpravy povrchu, korozní zkoušky či vhodný návrh konstrukce. Je zde rozdělení do tří hlavních skupin:

- **Koroze, korozní prostředí a zkoušky**

V této části je možné získat informace o definici koroze, základní rozdělení a popis druhů koroze poskytujících se u ocelových konstrukcí včetně obrázkových vzorů, druhy korozního prostředí a stupně korozní agresivity prostředí dle normy ČSN EN ISO 9223:2012 a používané korozní zkoušky.

- **Protikorozní ochrana a příprava povrchu**

V této části lze získat informace o vhodném návrhu konstrukce, předúpravě povrchu jako je především tryskání, tryskání vodním paprskem a chemické předúpravy. Dále je zde možné najít přehled používaných metod ochrany, jako jsou nátěry a povlaky.

- **Encyklopedie**

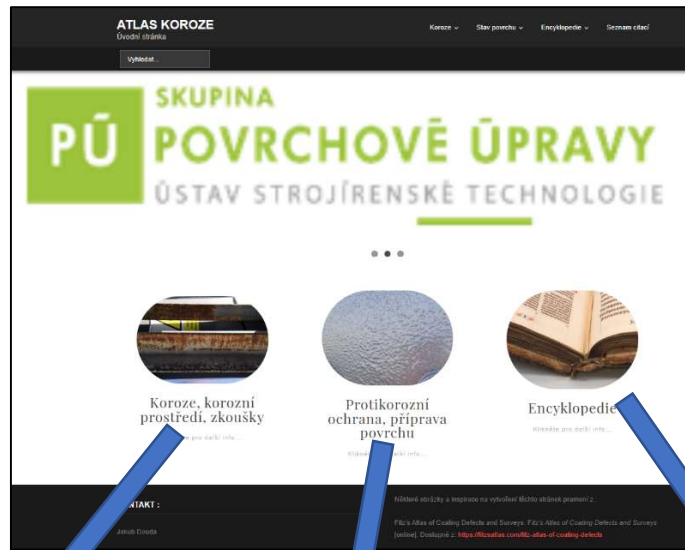
Encyklopedie je hlavní částí webové aplikace. Je možné použít vyhledávání podle obrázku, nebo podle názvu vady. Po rozkliknutí vybrané vady se zobrazí její popis, možné příčiny vzniku, prevence a návrh její opravy.

Ukázka některých stránek z webové aplikace

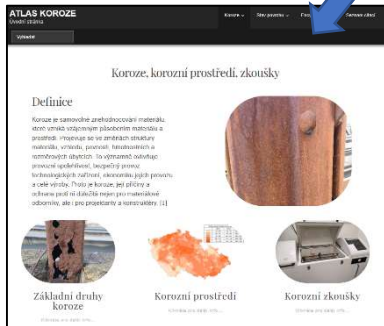


Obrázek 65 – Některé stránky webové aplikace

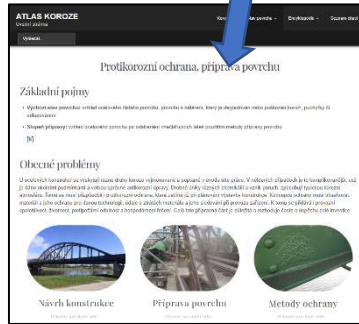
Schéma rozložení webové aplikace:



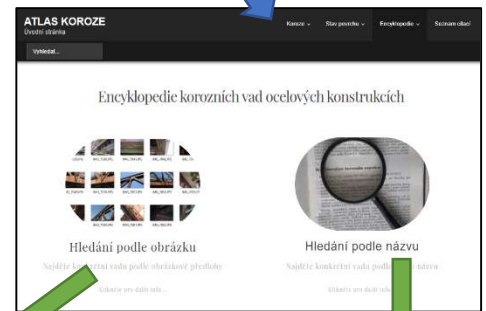
Obrázek 66 - Úvodní stránka



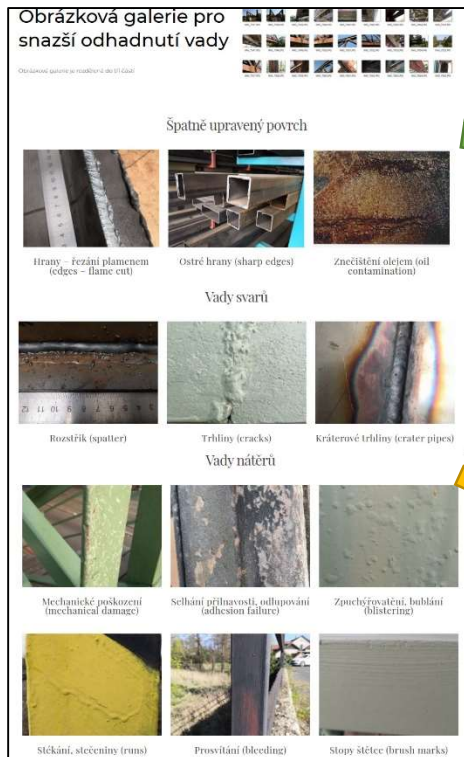
Obrázek 69 - Koroze, korozní prostředí



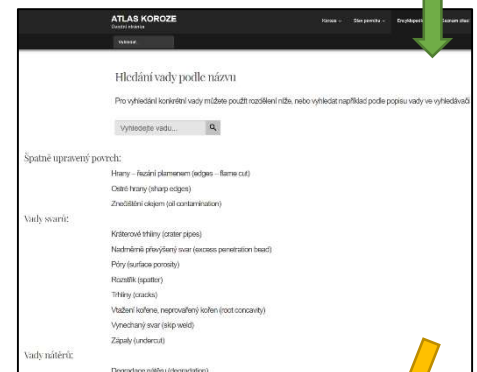
Obrázek 68 - Protikorozní ochrana



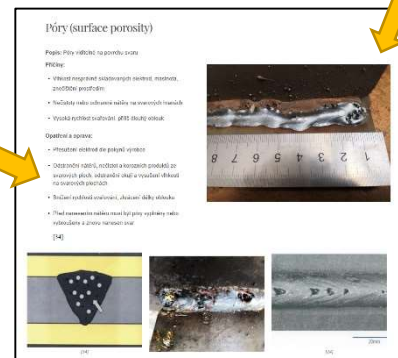
Obrázek 67 - Encyklopedie vad



Obrázek 72 - Hledání podle obrázku



Obrázek 70 - Hledání podle názvu



Obrázek 71 - Konkrétní vada

8 Závěr

Problematika protikorozní ochrany ocelových konstrukcí je obsáhlá a její konkrétní způsoby vychází především z úrovně znalostí pracovníků, kteří se tím zabývají. Neexistuje jednotný předpis pro její provádění. Konkrétní postup opravy korozních vad by měl většinou provádět pověřený pracovník. Ten by měl být schopen určit o jakou korozní vadu se jedná a jakou technologii předepsat pro opravu.

Jako návrh vhodné údržby byl vybrán železniční most u města Neratovice, to hlavně z důvodu, že u něj byla provedena celková obnova nátěru v roce 2019 a lze zde aplikovat správné postupy další údržby. Je proto možné použít návody navrhované v encyklopedické části.

Vady, příčiny a oprava protikorozní ochrany jsou v práci prezentovány formou encyklopedie, kde je popis konkrétních korozních vad, možné důvody jejich vzniku a možnost řešení oprav. K tomu bylo nutné zajistit velké množství fotografií, získané při osobních prohlídkách poškozených ocelových konstrukcí a z rozboru teoretické části práce.

Na encyklopedickou část práce navazuje webová aplikace, která usnadňuje získat informace o druzích koroze, korozních zkouškách, protikorozní ochraně a předúpravách povrchu. Největší výhodou webové aplikace je využití mobilních zařízení při fyzických kontrolách ocelových konstrukcí.

Údržba ocelových konstrukcí je nekonečný problém, který je nutné řešit s ohledem na ekologické, technologické, a hlavně ekonomické možnosti. Cílem je zajistit bezpečnost a prodloužit životnost ocelových konstrukcí.

9 Použitá literatura

- [1] KOLÁŘOVÁ, Helena, Vít ŠEDIVÝ a Radek ŠULC. Základy fyzikální chemie. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03903-8.
- [2] KMT TU Liberec [online]. Dostupné z: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/KPU/koroze%20druhy%20vscht.PDF
- [3] ČSN EN ISO 8044. Koroze kovů a slitin - Základní termíny a definice. Praha: Český normalizační institut, 2015, 44 s.
- [4] ČSN ISO 9223. Koroze kovů a slitin - Korozivní agresivita atmosfér. Praha: Český normalizační institut, 2012, 16 s.
- [5] ČSN EN ISO 12 944-2. Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy. Praha: Český normalizační institut, 2017, 16 s
- [6] Unipetrol RPA - Povrchová ochrana kovových konstrukcí a zařízení [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: https://www.unipetrolrpa.cz/CS/sluzby-areal/chempark-zaluzi/N_normy/N%2010/N10051.pdf
- [7] Hempel Česká republika [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: [https://www.hempel.cz/~media/Sites/hempel-cz/files/protective/brochures/ISO-brochure_CZ_20170530.pdf](https://www.hempel.cz/~/media/Sites/hempel-cz/files/protective/brochures/ISO-brochure_CZ_20170530.pdf)
- [8] ČSN EN ISO 8501-4. Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 4: Výchozí stav povrchu, stupně přípravy a bleskové koroze po vysokotlakém tryskání vodou. Praha: Český normalizační institut, 2007, 36 s
- [9] Server Steel – Fakulta stavební ČVUT [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: http://steel.fsv.cvut.cz/Access_Steel_CZ/SS_Postup-reseni/SS021a-CZ-EU.pdf
- [10] ČSN EN ISO 8504-2. Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků. Metody přípravy povrchu. Část 2: Otryskávání. Praha: Český normalizační institut, 2000, 16 s
- [11] ČSN EN ISO 8501-1 Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků. Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu. Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s
- [12] Povrchové úpravy [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: http://povrchoveupravy.cz/PDF/Nevecny_PU2.pdf

- [13] HRUBÝ, V., TULKA, J., KADLEC, J. Povrchové technologie. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie, 1995.
- [14] DORAZIL, Eduard a Jan HRSTKA. Strojírenské materiály a povrchové úpravy. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1985
- [15] Navrhování ocelových konstrukcí – obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0076/007632_EC3_2_Sokol_Zasady_navrhovani.pdf
- [16] Technické kvalitativní podmínky staveb PK - kapitola 19, Část B: Protikorozní ochrana ocelových mostů a konstrukcí TKP 19B [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_19B_2018.pdf
- [17] Střední průmyslová škola Ostrava - Vítkovice, příspěvková organizace - Úvod [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: https://www.spsengrova.cz/texty/texty/ZAV/ZAV1-Povrchove_upravy.pdf
- [18] Koroze a ochrana před korozi [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>
- [19] ČSN EN ISO 9227. Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou. Praha: Český normalizační institut, 2007, 24 s.
- [20] Český obranný standard - Zkoušky odolnosti vojenské techniky vůči klimatickým vlivům prostředí [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: <http://www.oos-data.army.cz/cos/cos/999905.pdf>
- [21] Povrcháři.cz - online časopis Povrcháři, povrchové úpravy, informace z oboru povrchových úprav [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201603_povrchari.pdf
- [22] Prohlídky ocelových konstrukcí dle ČSN 73 2604 [online]. [cit. 16.04.2020]. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/prohlidky-ocelovych-konstrukci-dle-csn-73-2604uniqueidmRRWSbk196FNf8jVUh4EukDBu01DoR97RHjIftD6SH2ZspOsA8wwA/?uri_view_type=3
- [23] BARTONÍČEK, Robert. Navrhování protikorozní ochrany. Praha: SNTL, 1980. Koroze a ochrana materiálů.
- [24] Fitz's Atlas of Coating Defects and Surveys. Fitz's Atlas of Coating Defects and Surveys [online]. Dostupné z: <https://fitsatlas.com/fitz-atlas-of-coating-defects>

- [25] ČSN 73 6221. Prohlídky mostů pozemních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2018, 64 s.
- [26] České dráhy ČD S 5/4. Předpis. Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí [online]. [cit. 21.04.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4876062-Ceske-drahy-cd-s-5-4-predpis-protikorozi-ochrana-ocelovych-konstrukci.html>
- [27] ČSN EN ISO 6270-2. Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 2: Kondenzace (expozice v komoře se zásobníkem ohřáté vody). Český normalizační institut, 2018, 16 s.
- [28] ASTM D3359-17. Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test, 2017, 9 s
- [29] ČSN EN ISO 4624. Nátěrové hmoty - Odtrhová zkouška přilnavosti. Český normalizační institut, 2016, 20 s.
- [30] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška. Český normalizační institut, 2013, 20 s.
- [31] ČSN EN ISO 1520. Nátěrové hmoty – Zkouška hloubením. Český normalizační institut, 2007, 20 s.
- [32] ČSN EN ISO 1519. Nátěrové hmoty – Zkouška ohybem (na válcovém trnu). Český normalizační institut, 2011, 16 s.
- [33] HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ NÁTĚROVÝCH HMOT. Univerzita Pardubice [online]. [cit. 21.04.2020]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/sites/default/files/public/luva3059/hodnoc-mech-vlast.pdf>
- [34] ČSN EN ISO 11341. Nátěrové hmoty - Umělé stárnutí a expozice umělému záření - Expozice filtrovanému záření xenonové obloukové výbojky. Český normalizační institut, 2005, 24 s.
- [35] ESAB - Problémy při obloukovém svařování [online]. [cit. 30.05.2020]. Dostupné z: http://products.esab.com/ESABImages/defects_cz.pdf
- [36] ČSN EN ISO 2808. Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru. Praha: Český normalizační institut, 2007, 13 s.
- [37] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.

[38] ČSN ISO 4628-1. Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu: Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace. Praha: Český normalizační institut, 2004, 8 s.

[39] ČSN EN ISO 2812-4. Nátěrové hmoty – Stanovení odolnosti kapalinám: Část 4: Kapková metoda. Praha: Český normalizační institut, 2007, 7 s.

[40] ČSN EN ISO 12944-1. Nátěrové hmoty - Protikoroziční ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 1: Obecné zásady. Praha: Český normalizační institut, 2018, 16 s.