

Postup řešení: Koroze ocelových konstrukcí

Tento dokument, který se zabývá korozí, popisuje vnější a vnitřní prostředí, strategie k vyhnutí se brzkým problémům s korozí a metody ochrany ocelových konstrukcí. Poskytuje návody pro specifikaci nátěrových hmot a kovových povlaků.

Obsah

1.	Všeobecně	2
2.	Podstata koroze	2
3.	Specifikace protikorozi ochrany běžných konstrukcí	3
4.	Vnější a vnitřní prostředí	4
5.	Metody protikorozi ochrany	5
6.	Podklady	17

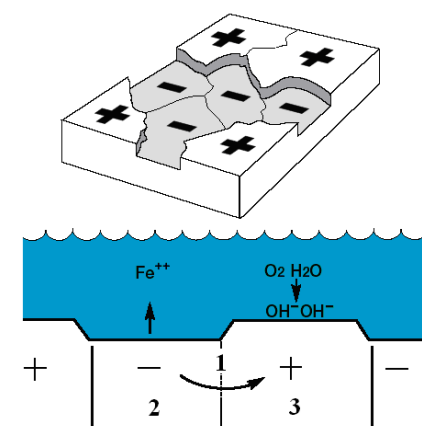
1. Všeobecně

Norma EN 1993-1-1 stanoví, že ocelové konstrukce by měly být navrhovány proti korozi podle typu provozu ovlivňujícího trvanlivost a návrhové životnosti. V §2.1.3 jsou probírány otázky návrhové životnosti a trvanlivosti.

Cílem tohoto dokumentu je poskytnout obecný přehled o korozi ocelových konstrukcí. Jsou popsány hlavní protikorozi ochranné metody: vliv na návrh, příprava povrchu, nátěrové hmoty a kovové povlaky. Nakonec je vyzdvížena důležitost životního prostředí a jsou vysvětleny postupy pro protikorozi ochranu pomocí nátěrových úprav pro externí a interní použití.

2. Podstata koroze

Koroze kovů je důsledkem přírodního procesu. Kovy se v přírodě vyskytují ve formě různých chemických sloučenin (rud). Tyto rudy potřebují určité množství energie, aby kov uvolnily. Potřebné množství energie se kov od kovu mění. Právě v tomto procesu je základ hnací síly, která působí, že kovy korodují. Vysvětlení koroze má spolehlivý základ v elektrochemické teorii, a byly vypracovány různé vzorce, které popisují chemické reakce znázorňující většinu korozních procesů. Tento proces je znázorněn na obr. 2.1.



Legenda:

- 1 přesun elektronů
- 2 anoda
- 3 katoda

Obr. 2.1 *Schema korozního mechanismu*

Z této teorie lze vyvodit, že ke korodování železa a oceli je zapotřebí současná přítomnost vody a kyslíku. Jestliže jedno z nich chybí, koroze nenastane.

Kromě obecného korozního procesu se mohou vyskytovat lokalizované korozní jevy, jako jsou důlková koroze, štěrbinová koroze (v trhlinách nebo štěrbinách) a dvoukovová čili galvanická koroze. Ta nastane, když jeden kov je v kontaktu s rozdílným kovem a oba jsou v korozním prostředí. Směr elektrického proudu generovaného mezi oběma kovy určuje, který z nich je korodován a závisí na napětí daných kovů.

Napětí kovu je ve vztahu k energii, která se uvolňuje, když kov koroduje. Když se změní napětí všech kovů, jsou kovy uspořádány do tzv. galvanických sérií. Obr. 2.2 ukazuje jednu obecnou galvanickou sérii. Jestliže dva z těchto kovů jsou v kontaktu, korozí kovu v sérii na obrázku výše se pravděpodobně urychlí, zatímco korozí kovu na obrázku níže bude snížena nebo zcela zastavena.



Obr. 2.2 Obecná galvanická série

3. Specifikace protikorozní ochrany běžných konstrukcí

Tento odstavec má za úkol poskytnout rychlý návod k použití tohoto dokumentu. Zpracovaná témata a jim odpovídající odstavce shrnuje tab. 3.1.

Tab. 3.1 Témata a odpovídající odstavce

Téma	Odstavec
Klasifikace vnějšího a vnitřního prostředí	Odstavec 4
Návrh z hlediska životnosti	Odstavec 5.1
Specifikace přípravy ocelového povrchu	Odstavec 5.2.1
Specifikace nátěrů pro odpovídající klasifikaci prostředí	Odstavec 5.3.3 pro základní nátěry Odstavec 5.3.5 pro výběr nátěrového systému Odstavec 5.3.4 pro provedení

4. Vnější a vnitřní prostředí

Ocel vystavená účinkům vnějšího a vnitřního prostředí vždy bude podléhat koroznímu poškození závislému na specifických charakteristikách prostředí.

Klasifikaci prostředí lze stanovit tak, že se ohodnotí množství úbytku standardizovaných vzorků uhlíkové oceli nebo zinku po dobu jednoho roku (pro další detaily o vzorcích viz ISO 9226). Interpolace množství úbytku pro kratší období nebo extrapolace pro delší období nejsou spolehlivé a nepovoluje se. Alternativní metodou je odhadnout kategorii z příkladů uvedených v EN ISO 12944-2. Jedná se o tyto příklady:

Tab. 4.1 Příklady vnějšího prostředí a jejich kategorie

C1	Soudí se, že této kategorii žádné prostředí neodpovídá
C2	Venkovské oblasti s nízkým znečištěním
C3	Městské a průmyslové ovzduší s mírným znečištěním kyslíkem syřičitým. Přímořské oblasti s nízkou salinitou
C4	Průmyslové a přímořské oblasti s mírnou salinitou
C5I	Průmyslové oblasti s vysokou vlhkostí a agresivním ovzduším
C5M	Přímořské oblasti a mořské plošiny s vysokou salinitou

POZN.: Tyto příklady jsou pouze informativní a občas mohou být zavádějící.

Tab. 4.2 Příklady vnitřního prostředí a jejich kategorie

C1	Vytápěné budovy s čistým ovzduším, např. kanceláře, obchody, školy, hotely.
C2	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci páry, např. skladové prostory, sportovní centra.
C3	Výrobní budovy s vysokou vlhkostí a určitým znečištěním vzduchu, např. potravinářské provozy, přádelny,...
C4	Chemické provozy, bazény, loděnice,...
C5I, C5M	Budovy s téměř stálou kondenzací páry a vysokým stupněm znečištění. Toto je ovzduší vysokého korozního rizika.

POZN.: Tyto příklady jsou pouze informativní a občas mohou být zavádějící.

Jak je uvedeno v čl. 5.1.2.1 v EN ISO 12944-5, konstrukce vystavené působení prostředí kategorie C1 nevyžadují protikorozní ochranu. Jestliže se z estetických důvodů nátěr vyžaduje, lze použít nátěrový systém pro kategorii C2.

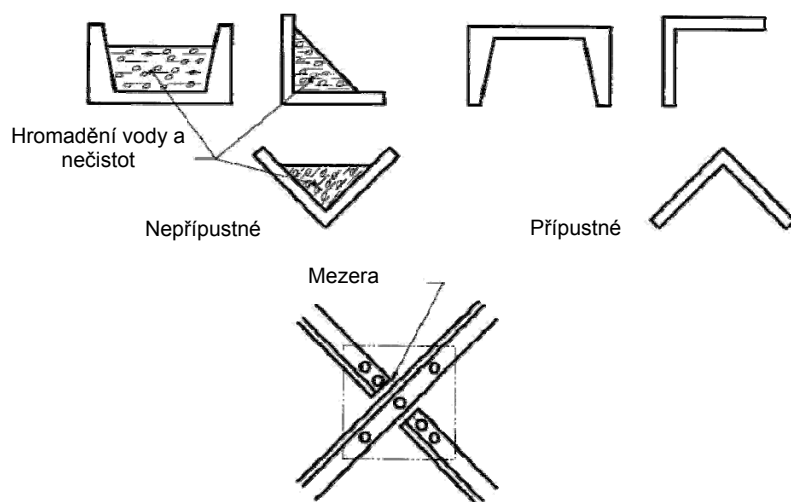
Obsah tohoto dokumentu je zaměřen na jednopodlažní budovy umístěné v příznivém průmyslovém prostředí a nízkého rizika (např. skladové prostory). V případě specifického prostředí (např. výrobní budovy v agresivním prostředí) se projektantům doporučuje vyhledat rady odborníků.

5. Metody protikorozní ochrany

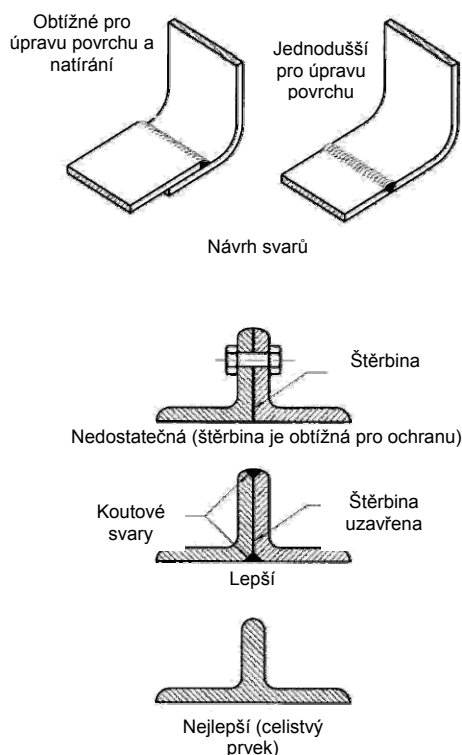
5.1 Vliv na návrh

Ve stádiu návrhu projektu by se měla zajištění odpovídající životnosti konstrukce věnovat zvláštní péče. Nejdůležitější hlediska, která je zapotřebí vzít v úvahu, jsou uvedena dále:

1. Doporučuje se jednoduchý tvar stavebních prvků a vystříhání se nadměrné složitosti. Transportní, manipulační a montážní postupy konstrukce by neměly snižovat efektivitu protikorozních metod.
2. Snižít na minimum kontakt mezi ocelovým povrchem a vodou nebo nečistotami.
 - Je třeba se vyvarovat vytváření prohlubní s vodou tím, že se umožní snadné odtékání vody a zabrání se tomu, aby voda přetékala přes těsnicí vložky.
 - Je třeba se vyhnout vytváření dutin a štěrbin, kde se může zadržovat voda.
 - U přístupných vnitřních prostor by mělo být pamatováno na odpovídající ventilaci a odvodnění.
 - Nepřístupné vnitřní prostory by měly být utěsněny, aby se nepřipustil přístup ani vzduchu ani vlhkosti. Také je možné provést větší tloušťku materiálu, která by nahradila úbytek materiálu v důsledku koroze během očekávané životnosti konstrukce.
3. Zabránit, pokud je to možné, vytvoření galvanických článků nebo kovové povrchy izolovat.
4. Návrh prvků, které mají být žárově pokoveny ponorem, by měl zajistit řádné odvětrání a odvodnění všech dutin. Při ponoření se musí dutiny rychle plnit roztaveným zinkem a plyny musí snadno odcházet, aby se vytvořil trvalý a stejnoměrný povlak.
5. Měl by být zajištěn přístup pro provedení nátěru nebo žárové metalizace nástřikem.



Obr. 5.1 Příklady, jak zabránit zadržování vody a nečistot (PramenN: EN ISO 12944-3)



Obr. 5.2 Úprava svarů a štěrbin. Zdroj: EN ISO 12944 PART 3

5.2 Úprava povrchu

Příprava povrchu není ochrannou metodou sama o sobě, avšak je to rozhodující procedura, jak získat potřebnou adhezi mezi ocelovým podkladem a povlakovým systémem.

5.2.1 Všeobecně

Ocel se válcováním zahřívá pod bod tavení a při tom se kyslík z ovzduší slučuje s horkým kovem a vytváří kysličníky železa a legujících prvků. Při chladnutí se tyto kysličníky usazují jako tvrdý, křehký, přilnavý a obvykle černý plášť na povrchu. Tento plášť se běžně nazývá okuje. Okuje se roztahují méně než ocel a při chladnutí praskají. Těmito trhlinami často proniká voda a ocel koroduje. Korozní proces okuje postupně odlupává, což má za následek nejednotný povrch, nevhodný pro ochranný protikorozní nátěr a proto musí být očištěn.

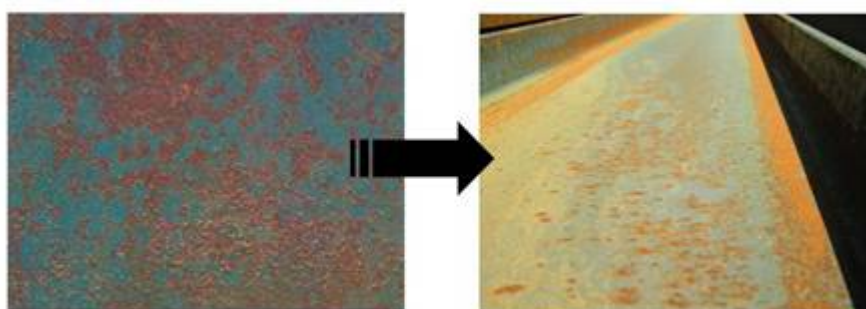
Množství rzi na ocelovém povrchu závisí na době vystavení vlhkému prostředí. Norma EN ISO 8501-1 popisuje čtyři kategorie neboli “stupně rezavění” ocelové konstrukce:

- A – Ocelový povrch z velké části pokrytý přilnavými okujemi, rzi je málo nebo není vůbec.
- B – Ocelový povrch začal zeravět a okuje se počaly odlupovat.
- C – Ocelový povrch, z něhož se odlupují okuje nebo mohou být seškabávány, má lehkou důlkovou korozi při běžném pohledu.
- D – Ocelový povrch, z něhož se již okuje odlouply, má důlkovou korozi při běžném pohledu.

Nové ocelové konstrukce obvykle odpovídají podmínkám stupně A a B. Stupeň D se objeví u ocelových konstrukcí, které byly skladovány na vnějším prostředí po dlouhou dobu.

Specifikaci úpravy povrchu udává EN ISO 12944-4. Existují dva typy úpravy povrchu:

- ❑ Primární (celková) úprava ocelového povrchu: pro nenatřené ocelové povrchy a pro ocelové povrchy po celkovém odstranění předchozího povlaku, mohou být stupně rzi kombinovány se stupněm čistoty z příslušné metody povrchového čištění za účelem specifikace úpravy povrchu (např. A Sa 2 ½).
- ❑ Sekundární (částečné) úprava povrchu: v tomto případě je třeba aplikovat stupně uvedené v EN ISO 8501-2. Tyto stupně jsou označeny příslušným stupněm čistoty, před nímž stojí písmeno P, např. P Sa 2 ½.



Obr. 5.3 Referenční fotografie z EN ISO 8501-1 (Stupeň orezivění B) a reálný vzhled válcovaného profilu

5.2.2 Předběžné úpravy

Nečistoty, jako jsou zbytky oleje, mastnoty, značkovací inkousty atd. ... se na stavební ocelové konstrukci běžně vyskytují. Metody čištění jsou uvedené v odst. 5.2.3 až 5.2.8 nejsou určeny k tomu, aby tyto nečistoty odstranily. Organická rozpouštědla, emulzní odmašťovací roztoky nebo jejich ekvivalenty by se měly použít před použitím jiné metody čištění. Další doporučení jsou v EN ISO 12944-4 Příloha C.

5.2.3 Ruční a mechanizované čištění (stupeň St)

Tato metoda čištění se používá hlavně pro prvky, které mají být natřány.

Ruční čištění se používá, jde-li o práci malou, není-li k dispozici elektrické nářadí, nebo není-li místo přístupné k použití elektrického nářadí. Příklady ručního nářadí zahrnují drátěné kartáče, rydla, škrabky a speciálně tvarované nože. Nejsou účinné, pakliže se musí odstranit ulpívající okuje nebo rez.

Použití elektrického nářadí vyžaduje odpovídající výběr nářadí z velké škály druhů.

Normativní stupně čistoty pro ruční nebo mechanizované čištění jsou uvedeny v EN ISO 8501 takto:

- St 2 **Hluboké** ruční nebo mechanizované čištění
- St 3 **Velmi hluboké** ruční nebo mechanizované čištění

5.2.4 Tryskání (stupně Sa)

Toto je nejdůležitější metoda pro úpravu povrchu, zvláště povrchů, které mají být natřeny.

Abrazivo se přivede proudem stlačeného vzduchu nebo se vhání odstředivkami tak, aby naráželo na ocelový povrch. Touto metodou se získá úprava povrchu, která je základem pro nátěrový systém, neboť výsledkem je čistý povrch kovu, jednolitá otryskaná plocha a dlouhá životnost ochranného povlaku.

Normativní stupně uvedené v EN ISO 8501 jsou následující:

- Sa 1 **Lehké tryskání**
- Sa 2 **Důkladné tryskání**
- Sa 2 ½ **Velmi důkladné tryskání**
- Sa 3 **Tryskání do čistého kovu**

5.2.5 Čištění plamenem (stupeň FI)

Rovněž tato metoda se doporučuje pro povrchy, které mají být natřeny.

Tato metoda odstraňuje všechny uvolněné okraje, rez a jiné škodlivé cizí látky tak, že kyslíkoacetylenový plamen vysoké teploty a s vysokou rychlostí plamene opaluje celý povrch. Doporučuje se vysoký obsah kyslíku (≈25%), aby nedošlo k pokrytí povrchu sazí. Rozdílná roztažnost mezi okraji a ocelovým povrchem způsobuje, že se rez odlupuje. Potom může být uvolněná rez odstraněna drátěným kartáčem. Při čištění plamenem je třeba být obzvláště opatrný, neboť plamen může poškodit povlak (je-li nějaký) na spodní straně čištěného povrchu.

5.2.6 Mokrý tryskání

Doporučená metoda pro odstraňování starých povlaků.

Tento proces je v podstatě tentýž jako tryskání, jen s tím rozdílem, že do obrazivního vzdušného proudu se zavede voda. Zavedení vody má tu výhodu, že se zlepší odvádění prachu. Na druhé straně, je-li použito vybavení s nízkým tlakem, mohou na ocelovém povrchu zůstat jemné částičky abraziva a ty by měly být odstraněny omytím vodou. Některé postupy používají inhibitory, aby se zabránilo rezavění způsobené vodou. Touto metodou může být dosaženo vysokého stupně očištění a hodí se pro odstraňování velkého množství rozpustných solí.

5.2.7 Tryskání vodním paprskem

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.

V současné době se zpracovává nová norma pro tryskání vodním paprskem EN ISO 8501-4.

5.2.8 Odrezování kyselinou

Tato metoda se obvykle uplatňuje, jestliže povrchy mají být galvanizovány.

Odrezování je ponoření dílců do zředěných kyselin. Taková lázeň rozpouští nebo odstraňuje kysličníky a okuje. Různé kyseliny používané při konvenčním odrezování jsou: sírová, chlorovodíková nebo solná, fosforečná a jejich směsi. Kyseliny vhodné pro odrezování by měly odstranit pouze okuje ze základního kovu, avšak může být spotřebována podstatná jejich část na rozpouštění samotného kovu. Plýtvání lze zabránit vhodnými inhibitory.

5.2.9 Úvahy o drsnosti povrchu

Kromě stupně čistoty by specifikace úpravy povrchu měla vzít v úvahu i drsnost povrchu před zhotovením povlaku. Ocelová drť se hodí pro tenké povlaky, jako jsou základní nátěry, zatímco křemenná drť vytváří hrubý, ostrohranný povrch vyžadovaný pro nátěrové systémy větší tloušťky a pro zároveň stříkané kovové povlaky.

5.2.10 Další úpravy povrchu

Když je tryskání skončeno, lze vyhodnotit nedokonalosti a vady na ocelovém povrchu způsobené během výroby ocelové konstrukce. Tyto nedokonalosti a vady se vyskytují ve svarech, na hranách Oprava těchto vad je popsána v EN ISO 8501-3.

V prostředí nízkého rizika nemusí být nedokonalosti na škodu pro zhotovení povlaků. Pro specifické požadavky konstrukce může být nutné vady povrchu odstranit.

5.3 Nátěrové povlaky

Nátěrové povlaky jsou nejdůležitější metodou ochrany ocelové konstrukce proti korozi. Abychom se vyznali v jejich možnostech a omezeních, je nutné poznat širokou různorodost nátěrů, které jsou k dispozici. Tak bude projektant schopen zvolit konkrétní nátěr, který nejlépe vyhovuje prostředí a podmínkám nátěru.

Nátěry jsou složeny z pigmentů rozptýlených v pojivu, jež je zároveň rozpuštěno v roztoku nebo emulgováno ve vodě. Dále jsou popsány tyto komponenty:

- Pigmenty: jsou to nerozpustitelné, rozptýlené částice poskytující mnohé z vlastností nátěru: barva, neprůhlednost, tvrdost, trvanlivost a inhibitor koroze.
- Pojivo: je to složka vytvářející povlak nátěru. Pojivy jsou pryskyřice, oleje nebo rozpustné silikáty, které spojují pigmenty s nátěrovým filmem a způsobují, že nátěr přilne k povrchu oceli nebo dřívějšímu povlaku.
- Rozpouštědlo: hlavní funkcí rozpouštědla je zajistit dostatečně nízkou viskozitu nátěru, aby umožnila užití štětce, válečku nebo nástřiku. Rozpouštědla mohou být rovněž volena podle rychlosti odpařování během aplikace. Např. nástřik se zlepšuje, je-li odpařování rozpouštědla rychlé, zatímco použití štětce nebo válečku vyžaduje malou rychlost odpařování.

Když jsou nátěry aplikovány před odpařením rozpouštědla, vytvářejí "mokry povlak". Když rozpouštědlo odpaří pojivo a barvivo zůstane na povrchu jako "suchý povlak". Specifikace tloušťky povlaku se obvykle udává v hodnotách tloušťky suchého povlaku.

5.3.1 Třídění nátěrů

Nátěry se skládají z několika vrstev na sobě. Tyto vrstvy obvykle jsou: základní nátěr, střední vrstvy a vrchní nátěr.

Pokud jde o jejich klasifikaci, základní nátěry pro ocel se obvykle třídí podle pigmentů zabraňujících korozi, např. zinkfosfátové a korozivzdorné základní nátěry. Navíc může každý z těchto základních nátěrů být ve vztahu k pojivové pryskyřici, z čehož vyplývá např.: zinkfosfátový alkyd, zinkfosfátový epoxyd, atd.

Střední vrstvy a vrchní nátěry vícevrstvého pláště se třídí podle jejich pojiv, např. alkydové, epoxydové,...

5.3.2 Nátěrové systémy

Na nátěrové systémy by se nemělo nahlížet jen jako na několik na sebe navržených vrstev. Uvážit by se měla i tato hlediska:

- Příprava povrchu před nátěrem (čištění a mechanická úprava).
- Volba nátěrového materiálu a skladby systému.
- Horní a dolní hranice pro tloušťku filmu.
- Podmínky životního prostředí pro provedení a vysychání nátěrových hmot.
- Respektování vnějších podmínek, životnosti a ceny.

Základní nátěr je aplikován na očištěný ocelový povrch a jeho funkcí je zvlhčit povrch, zajistit dobrou přilnavost pro další vrstvy a zabránit korozi.

Střední vrstvy pláště 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.

5.3.3 Zhotovení základních nátěrů

Když byl ocelový povrch očištěn, je žádoucí ho pokrýt co nejdříve, aby nezačal korodovat. To se provádí tak, že se aplikují základní nátěry ihned po tryskání.

Výrobní postupy by těmito základními nátěry neměly být narušeny. Výrobce základních nátěrů by měl dodat certifikát o svařování. Kromě tohoto certifikátu by měl být k dispozici zdravotní certifikát, aby bylo zaručeno, že zplodiny při svařování konstrukce se základním nátěrem nepřesáhnou příslušnou bezpečnostní mez.

Všeobecně existují následující typy základních nátěrů:

- Každý základní nátěr: základem je polyvinyl butyral.
- Epoxydový základní nátěr: epoxy-polyamidový nátěr je nejběžnější.
- Zinkepoxydový základní nátěr: chlórkaučukový, polyhydroxyfenyléterový nebo katalyticko-epoxydová pryskyřice.

- Zinksilikátový základní nátěr

5.3.4 Provádění nátěrů

Nátěrový systém není dokončen, pokud není k němu vystavena záruka o provedení. Přičemž pro dobrý vzhled nátěru je naprosto nutná. V tomto odstavci se probírají faktory, které ovlivňují nátěry a metody provádění.

Rozhodující faktory:

- Teplota: mělo by se dbát na zamezení puchýřů a pórů. Jestliže se provádí nátěr, ať v horkém nebo studeném počasí, výsledná tloušťka by měly být kontrolována. Doporučuje se teplota oceli nejméně 3 °C nad rosným bodem.
- Počasí: nátěr by neměl být prováděn v dešti, větru, sněhu, za mlhy.
- Vlhkost: nátěry, které se vytvrzují tím, že přijímají atmosférickou vlhkost mohou vyžadovat minimální vlhkost vzduchu, aby bylo dosaženo úplného vytvrzení.
- Zakrytí: při chladném počasí by měla být ocelová konstrukce natírána pod přístřešky, aby byly vytvořeny odpovídající podmínky z hlediska povětrnosti a teploty.
- Poškození: ocelový povrch vykazující poškozený nátěr má být znovu upraven a opět natřen.
- Jednotnost: každý nátěr by měl být jednotný, bez pórů, a měl by mít stejnou tloušťku.
- Tloušťka: tloušťka suchého filmu musí odpovídat požadavkům.

Metody provádění: štětce nebo válečky se používají na montáži, zatímco stříkání se používá většinou v dílně.

- Natírání štětcem: nejpomalejší a nejnákladnější postup. Vhodný pro malé plochy.
- Natírání válečkem: velice užitečný postup pro velké rovné plochy. Nevyžaduje zručnost jako při aplikaci stříkání a je daleko rychlejší než natírání štětcem. Hlavní nevýhodou je, že při provádění nátěru na vlhký povrch není tak účinné jako natírání štětcem.
- Stříkání: buď proudem vzduchu nebo mechanické stříkání. Mechanické stříkání snižuje ztráty, které mohou nastat u stříkání proudem vzduchu (asi 20% až 40% na stavební ocelové konstrukci).

5.3.5 Specifikace nátěrových systémů

V tomto odstavci se zavádí pro daný příklad určitý nátěrový systém podle EN ISO 12944-5.

Základní údaje

- Jednopodlažní skladová hala, konstrukce z válcovaných profilů za tepla
- Vnější prostředí: průmyslová oblast se znečištěním kyslíčnickem syřičitým
- Vnitřní prostředí: nízké riziko prostředí s možným výskytem kondenzační vlhkosti
- Životnost >15 let

Pro vnější prostředí je kategorie C3 a pro vnitřní prostředí C2. V termínech trvanlivosti dle EN ISO 12944-1 je životnost 15 let a vyšší označována jako “vysoká”.

Tab. A.1 v EN ISO 12944-5 Příloha A je uvedena v tab. 5.2 (na následující straně). Tato tabulka poskytuje příklady nátěrových systémů pro korozní agresivitu prostředí C2 až C4. Dostupné systémy pro uvedený příklad jsou zvýrazněny zeleným symbolem. Projektant by měl mít přístup k dokumentaci od dodavatele nátěrových hmot potvrzující vhodnost a trvanlivost nátěrového systému pro danou kategorii.

Nátěrový systém je specifikován takto:

- Pro systémy se stejným pojivem ve všech vrstvách (tj. S1.10): ISO 12944-5/S1.10
- Pro systémy s různými pojivy (tj. S1.15): ISO 12944-5/S1.15-AK/AY

Tloušťky všech suchých povlaků jsou uvedeny v těchto tabulkách při použití mechanického stříkání.

Anebo projektant může použít tabulku, která se týká specifického prostředí (tab. A.2 pro kategorii C2 a tab. A.3 pro kategorii C3). Tyto specifické tabulky nejsou zahrnuty do tohoto dokumentu. Je třeba poznamenat, že všechny příklady uvedené v tab. A.2, A.3 a A.4 jsou zahrnuty v tab. A.1.

Jak je vidět v tab. 5.2, projektant může nalézt několik vhodných systémů. V tomto bodě je důležité, aby si dokázal vybrat tu nejlepší volbu odpovídající specifickým požadavkům konkrétního případu. Tab. 5.1 udává obecné vlastnosti hlavních typů nátěrů. Vyčerpávající informace jsou k dispozici v EN ISO 12944-5 Příloha C. Doporučuje se také překontrolovat vhodnost výrobku u výrobce.

Tab. 5.1 Obecné vlastnosti běžných typů nátěrů (x=špatné, ★=příjemné, ★★=dobré, ★★★= velmi dobré)

	Alkydový	Vinylový	Chlor-kaučukový	Epoxydový	Poly-uretanový	Asfaltový	Akrylový
Vhodný jako zákl. nátěr	★★	★	★★	★★★	★	★	★
Vrchní nátěr	★★	★★	★	★★	★★★	★	★★
Vnitřní nátěr	x	★	★	★★★	★★	★★	★
Tolerance opravy vadného povrchu	★	x	x	★	★	★★	x
Zachování lesku	★★	★★	x	x	★★★	x	★★
Zachování barevnosti	★★	★★	x	x	★★★	x	★★
Teplotní odolnost	x	x	x	★★	★	x	x
Ponoření do vody	x	★★	★★	★★★	★	★★★	x
Odolnost kyselinám	x	x	x	★	★	x	x
Alkalická odolnost	x	★	★	★★★	★★	★	★
Odolnost proti otěru	★	x	x	★★★	★★★	x	x
Odolnost proti nárazu	x	★★	★★	★★★	★★★	★	★
Natírání štětcem	★★★	★★	★★	★★★	★★	★★★	★★
Natírání válečkem	★★★	x	x	★★	★★	★★★	x
Stříkání	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★

Poznámka: Chlorkaučukový nebo asfaltový nátěr je někdy nepoužitelný z hlediska životního prostředí a ochrany zdraví.

Tab. 5.2 Tab. A.1 z EN ISO 12944-5 Příloha A

Číslo nátěrového systému	Stupeň čistoty povrchu		Základní nátěr				Vrchní nátěr včetně vnitřních nátěrů			Nátěrový systém		Předpokládaná životnost						Číslo tabulky odpovídajícího nátěrového systému								
	St 2	Sa 2 ^{1/2}	Pojivo	Typ základního	Počet vrstev	DFT μm	Pojivo	Počet vrstev	DFT μm	Počet vrstev	Total DFT μm	C2		C3			C4			A.2	A.3	A.4				
S1.01		X	AK, AY	různý	1-2	100	-	-	100	1-2	100											S2.08/11				
S1.02		X	EP, PUR	Zn (R)	1-2	80	-	-	80	1-2	80				☑							S2.17	S3.20			
S1.03		X	ESI	Zn (R)	1	80	-	-	80	1	80				☑							S2.18	S3.25			
S1.04	X		AK	různý	1	40	AK	1	80	2	80											S2.01				
S1.05		X			1	40		2	80															S2.02		
S1.06	X				2	80		3	120															S2.03	S3.01	
S1.07		X			1-2	80		2-3	120															S2.04	S3.02	
S1.08	X				2	80		3-4	160															S2.05	S3.03	
S1.09		X			1-2	80		2-4	160									☑						S2.06	S3.04	
S1.10	X				1-2	80		3-5	200									☑						S2.07	S3.05	
S1.11		X			1-2	80		3-5	200											☑				S3.06	S4.01	
S1.12		X			AY	různý		1	80	AY	1	120	2	120										S2.12		
S1.13		X			EP			1	160		1	200	2	200											S3.15	S4.10
S1.14	X		AK, AY, CR	různý	2	80	AY	1-2	160	3-4	160										S2.09/13	S3.11				
S1.15		X			1-2	80		1-2	160	2-4	160				☑						S2.10/14	S3.12				
S1.16		X	EP, PUR	Zn (R)	1	80	CR	1-2	160	2-3	160				☑							S3.23	S4.16			
S1.17		X	ESP		1	80		1-2	160	2-3	160				☑								S3.26	S4.24		
S1.18		X	AK, AY, CR	různý	1-2	80		2-3	200	3-5	200							☑					S3.07/13	S4.04/08		
S1.19		X	ESI	Zn (R)	1	80		2-3	200	3-4	200						☑					S3.27				
S1.20		X	EP, PUR		1	40	PVC	2-3	200	3-4	200						☑					S3.24	S4.17			
S1.21		X	AK, AY, CR	různý	1-2	80		2-3	240	3-5	240							☑					S3.08/14	S4.05/09		
S1.22		X	ESI	Zn (R)	1	80		2-3	240	3-4	240												S4.26			
S1.23		X	EP, PUR		1	40		2-3	240	3-4	240												S4.18			
S1.24		X	EP	různý	1	160		1	280	2	280											S4.11				
S1.25		X	AK, AY, CR	různý	1-2	80	BIT	2	240	3-4	240						☑					S3.09/10	S4.02/06			
S1.26		X			1-2	80		2-3	280	3-5	280											S4.03/07				
S1.27		X	EP	různý	1-2	80	EP	1	120	2-3	120											S2.15	S3.16			
S1.28		X			1-2	80		1-2	160	2-4	160							☑						S2.16	S3.17	
S1.29		X	EP, PUR	Zn (R)	1	40		1-2	160	2-3	160							☑				S3.21	S4.19			
S1.30		X	ESI		1	80		1-2	160	2-3	160								☑			S3.28	S4.27			
S1.31		X	EP	různý	1-2	80		2-3	200	3-5	200								☑			S3.18	S4.12			
S1.32		X	EP, PUR	Zn (R)	1	40		2-3	200	3-4	200								☑			S3.22	S4.20			
S1.33		X	ESI		1	80		2-3	200	3-4	200								☑			S3.29	S4.28			
S1.34		X	EP	různý	1-2	80	PUR	2-3	240	3-5	240								☑			S3.19	S4.13			
S1.35		X	EP, PUR	Zn (R)	1	40		2-3	240	240	240												S4.21			
S1.36		X	ESI		1	80		2-3	240	240	240												S4.29			
S1.37		X	EP	různý	1-2	80		2-3	280	280	280												S4.14			
S1.38		X	EP, PUR	Zn (R)	1	40		2-3	280	280	280												S4.22			
S1.39		X	ESI		1	80		2-3	280	280	280												S4.30			
S1.40		X	EP	různý	1-2	80		3-4	320	320	320												S4.15			
S1.41		X	EP, PUR	Zn (R)	1	40		3-4	320	320	320												S4.23			
S1.42		X	ESI		1	80	3-4	320	320	320												S4.31				

(pokračuje)

Pojivo základního nátěru	Nátěry (kapalné)			Pojiva pro vrchní nátěry	Nátěry (kapalné)		
	Počet složek		Rozpustnost ve vodě		Počet složek		Rozpustnost ve vodě
	1 složka	2 složky			1 složka	2 složky	
AK = Alkydové	X		X	AK = Alkydové	X		X
CR = Chlorkaučuk. pryskyřice	X			CR = Chlorkaučuková pryskyřice	X		
AY = Akrylové	X		X	AY = Akrylové	X		X
PVC = Polyvinylchloridové	X			PVC = Polyvinylchloridové	X		
EP = Epoxydové		X	X	EP = Epoxydové		X	X
ESI = Etylsilikátové	X	X		PUR = Polyuretanové	X	X	
PUR = Polyuretanové	X			BIT = Asfaltové	X		

5.4 Pokovování

5.4.1 Všeobecně

Pro ocelové konstrukce je nejrepresentativnější metodou pokovování použití pokovování nástřikem (finančně neefektivní pro celé konstrukce) a pokovování ponorem (obzvláště vhodné pro jednotlivé prvky, viz obr. 5.4). Existují i jiné metody, jako difuzní zinkování nebo galvanické pokovování, ty se však obvykle používají pro jiné prvky (jako armatury nebo spojovací prostředky).



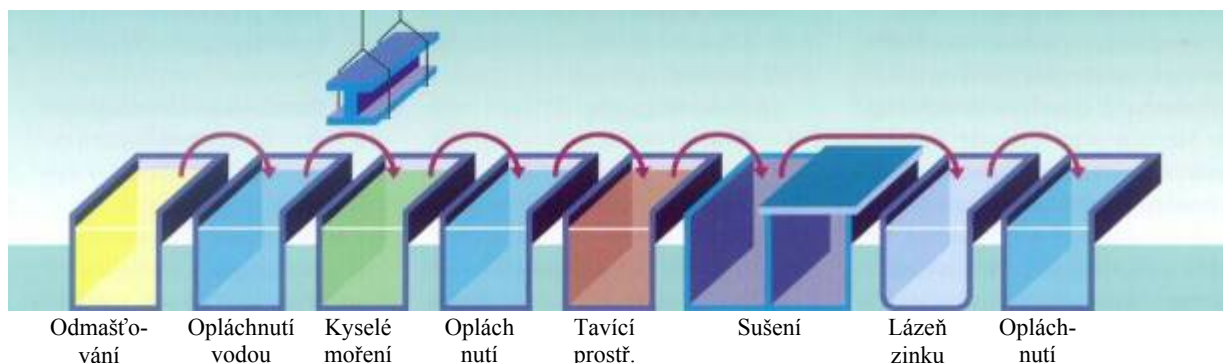
Obr. 5.4 Příhradové nosníky žárově zinkované ponorem. Zdroj: ATEG (Španělská asociace zinkoven)

5.4.2 Žárové zinkování ponorem

Tento proces spočívá ve vytvoření zinkové vrstvy tak, že se ocelový prvek ponoří do lázně roztaveného zinku. Detailní postup je popsán níže:

1. Pomocí odmašťovacích činidel, jako jsou alkalické roztoky nebo odmašťovací kyselé přípravky, je odstraněn každý pozůstatek po tuku nebo oleji. Organické přípravky se běžně nepoužívají.
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. Běžně se používá kyselina chlorová, která má vlastnosti inhibitoru. Toto stadium se provádí za pokojové teploty.
4. Prvky se znovu omyjí vodou, aby se zamezilo přítomnosti zbytků kyselin v dalších stádiích.

5. Potom se ocelové prvky ponoří do tavicího 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 galvanizovaná ocel zchlazena ve vodě nebo ponechána odkrytá.



Obr. 5.5 Proces žárového zinkování ponorem. Zdroj: ATEG (Španělská asociace zinkoven)

Normou zahrnující specifikaci žárového zinkování ponorem pro stavební ocelové konstrukce je EN ISO 1461. V této normě jsou specifikovány minimální průměrné tloušťky v závislosti na tloušťce ocelového prvku.

Tab. 5.3 Tloušťka zinkového povlaku bez odstředování (EN ISO 1461)

Tloušťka	Min. místní hodnota (μm)	Min. průměrná hodnota (μm)
Ocel ≥ 6 mm	70	85
3 mm ≤ Ocel < 6 mm	55	70
1,5 mm ≤ Ocel < 3mm	45	55
Ocel < 1,5 mm	35	45
Odlitek ≥ 6 mm	70	80
Odlitek < 6 mm	60	70

Dodatečné požadavky na návrh ocelových prvků žárově zinkovaných ponorem jsou uvedeny v EN ISO 14713 (viz tab. 5.3, tab. 5.4 a obr. 5.5).

Tab. 5.4 Systémové tloušťky pro ochranu oceli bez údržby více než 20 let

Kategorie prostředí	Korozní úbytek zinku (g/m ² /year)	Systémová tloušťka ¹ (μm)
C2	< 5	25 - 85
C3	5 - 15	45 - 85
C4	15 - 30	85
C5I	30 - 40	115
C5M	40 - 60	150 - 200

¹ Žárové zinkování ponorem podle EN ISO 1461

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 nátěr. To je kombinace žárového zinkování ponorem a nátěru.

Pro galvanizované konstrukce, je-li požadována duplexní úprava, jsou příklady ochranných systémů pro kategorii korozní agresivity C2 až C5I a C5M uvedeny v tab. A.9 v EN ISO 12944-5 Příloha A.

6. Literatura

- *“The prevention of corrosion in structural steelwork”*, Corus Construction and Industrial
- *“A corrosion protection guide for steelwork exposed to atmospheric environments”*, Corus Construction and Industrial
- *“A corrosion protection guide for steelwork in building interiors and perimeter walls”*, Corus Construction and Industrial
- European General Galvanizers Association (www.egga.com)
- ATEG (Spanish Galvanizing Technical Association) (www.ateg.es)
- EN 1993-1-1: *“Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings”*
- ISO 9226: *“Corrosion of metals and alloys; corrosivity of atmospheres; determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity”*
- EN ISO 12944: *“Paints and varnishes. Corrosion protection of steel structures by protective paint systems”*
- EN ISO 8501: *“Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness”*
- EN ISO 1461: *“Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles. Specifications and test methods”*
- EN ISO 14713: *“Protection against corrosion of iron and steel structures. Zinc and aluminium coatings. Guidelines.”*

Quality Record

RESOURCE TITLE	Corrosion of steel structures		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Francisco Rey	LABEIN	March 05
Technical content checked by	Jose A. Chica	LABEIN	June 05
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G.W. Owens	SCI	7/4/06
2. France	A. Bureau	CTICM	7/4/06
3. Sweden	A. Olsson	SBI	7/4/06
4. Germany	C. Mueller	RWTH	7/4/06
5. Spain	J. Chica	Labein	7/4/06
Resource approved by Technical Coordinator	G.W. Owens	SCI	13/7/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	T Rotter	ČVUT in Prague	30/09/07
Translated resource approved by:	T Vraný	ČVUT in Prague	06/10/07
National technical contact	F. Wald	ČVUT in Prague	06/10/07