



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

KOROZE

Úvod do korozných procesů, druhy koroze

NÁZOV PROJEKTU:

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného stavitel'stva v cezhraničnom regióne
(Kód projektu v ITMS2014+: 304011U647)**



**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**

EDUMOS

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

1. Koroze

- koroze = **corrodere** = „**rozhrizat na kousky**“
- *fyzikálně chemická interakce* mezi materiálem a jeho okolním prostředím (kov – prostředí = *korozní systém*)
- **samovolné znehodnocování materiálů** (hlavně kovů) vlivem působení okolního prostředí
- uvolňování energie (snižování na minimum) – přechod do své původní formy
- Změny korozního systému při procesech koroze:
 - zhoršení funkce zařízení
 - zhoršení technického systému
 - ovlivnění prostředí
 - zhoršení estetických vlastností

Most přes řeku Polanka



Most přes řeku Polanka



Most přes řeku Polanka



1. Koroze

- **ČSN EN ISO 8044** – Koroze kovů a slitin – Slovník

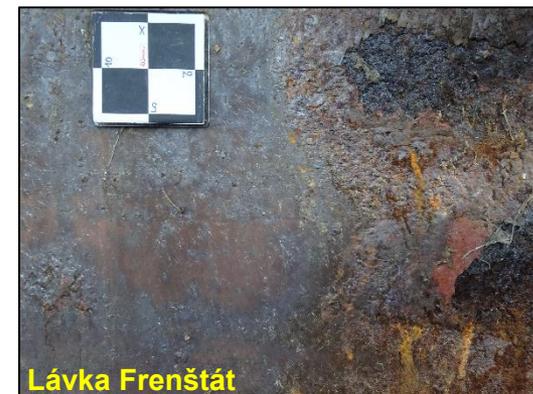
Koroze = fyzikálně-chemická interakce kovů a prostředí vedoucí ke změnám vlastností kovu, které mohou vyvolávat významné zhoršení funkce kovu, prostředí nebo technického systému, jehož jsou kov a prostředí složkami.

Korozní poškození = korozní projev který způsobuje zhoršení funkce kovu, prostředí nebo technického systému, jehož jsou kov a prostředí složkami.

Korozní odolnost = schopnost kovu udržet provozuschopnost v daném korozním systému.

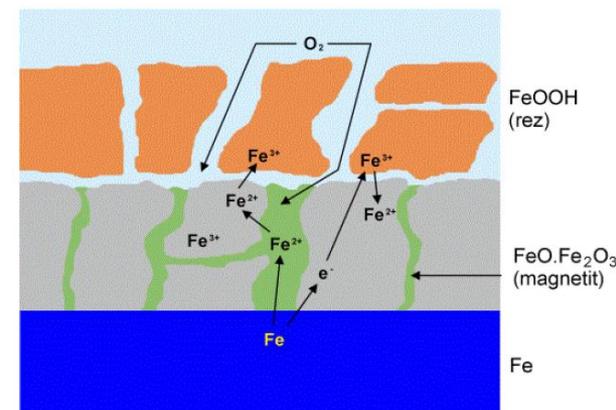
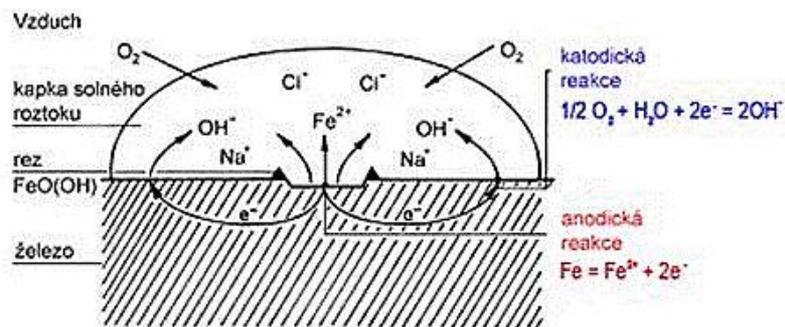
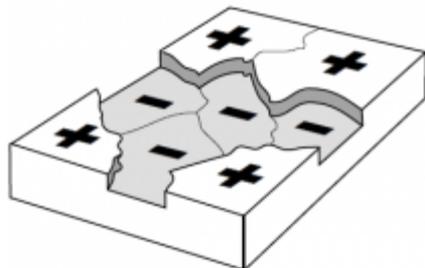
Protikorozní ochrana = soubor opatření na omezení korozního poškození kovů.

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



1. Koroze

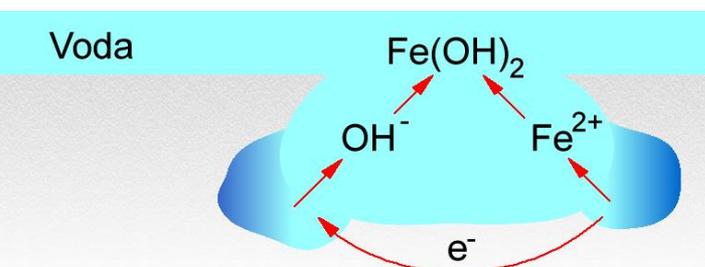
- Na povrchu kovu - *mikročlánky* – anodické a katodické oblasti.
- Anoda - anodický děj = **oxidace** (koroze kovu), kov ztrácí elektrony, zvyšuje se oxidační číslo.
- Katoda - katodický děje = **redukce** (reakce složek prostředí, depolarizační reakce), přijetí elektronů, snížení oxidačního čísla.
- při vynuceném proudu – katoda⁻, anoda⁺
- při samovolných procesech – katoda⁺, anoda⁻



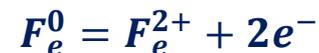
Zdroj:
<http://www.koroze.wbs.cz/Rozdeleni-korozi.html>

1. Koroze

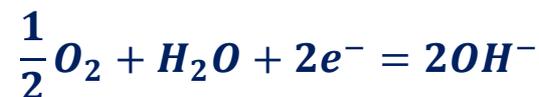
- Příklad** - elektrochemická reakce při korozi železa pod kapkou vody:



Oxidační reakce představuje oxidaci kovu (uvolnění elektronů železa) v místě anody ve tvaru:



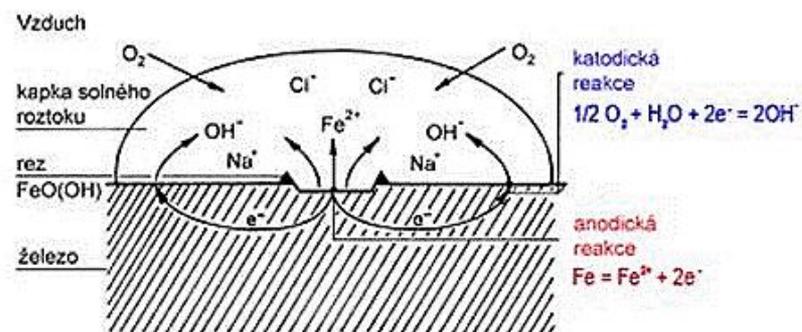
Na katodické části povrchu kovu dochází k **redukci prostředí** (prostředí přijme uvolněné elektrony z železa) ve tvaru:



Kation železa F_e^{2+} se uvolní směrem k povrchu kovu a reaguje spolu s hydroxidovým anionem $2OH^-$. Následně vzniká korozní produkt dle chemické rovnice:

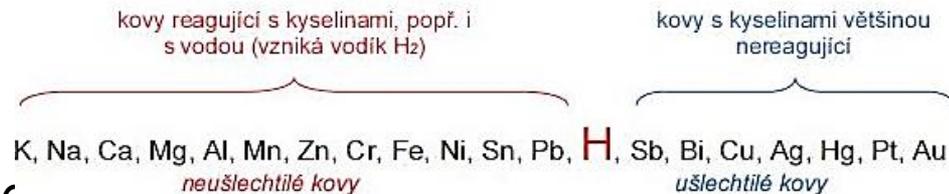


Výsledným korozním produktem je $F_e(OH)_2$ (hydroxid železnatý), který nadále reaguje s kyslíkem.



Zdroj: <http://www.koroze.wbs.cz/Rozdeleni-korozi.html>

1. Korozie



- **Stupnice ušlechtilosti** („*Beketova řada*“),
 - seřazení kovu podle standardního elektrodového potenciálu (termodynamická stabilita kovu)
- Kov **imunní** v daném prostředí – koroduje se zanedbatelnou rychlostí.
- Kov **pasivní** v daném prostředí – se pokrývá tenkou vrstvou sloučenin, které omezují následující korozní děje (korozie s nízkou rychlostí).
- Kov **aktivní** v daném prostředí – koroduje vysokou rychlostí.
- **Pasivovatelnost** = schopnost tvořit tenkou ochrannou vrstvu sloučenin na povrchu kovu, která potlačuje korozní procesy, je ovlivněna:
 - složením kovu - legující prvek Cr
 - strukturou kovu – pozor na nehomogenity v kovu
 - korozním prostředím – teplota, složení i pohyb prostředí

1. Koroze

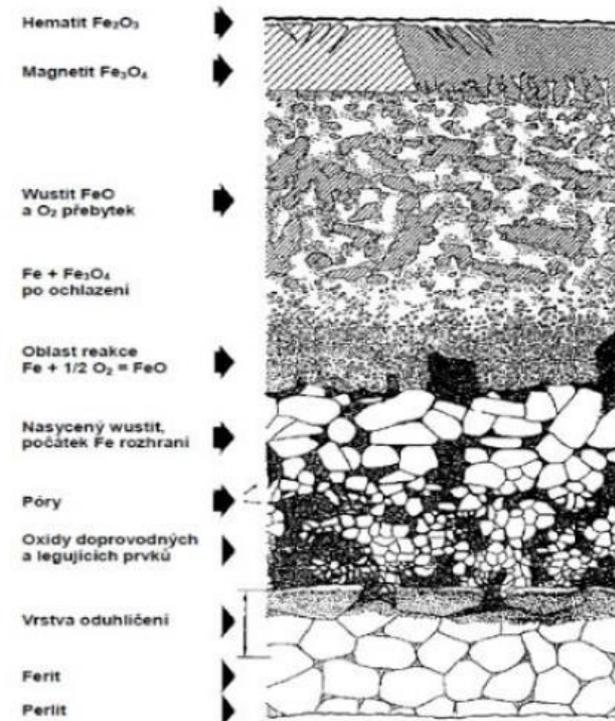
- Forma poškození závisí na:
 - materiálu (složení, chemické vlastnosti, fyzikální vlastnosti)
 - na vlastnostech korozního prostředí
 - na podmínkách (teplota, tlak)
 - **vnější činitelé** – složení prostředí, pH, rychlost proudění, teplota ..
 - **vnitřní činitelé** – struktura, složení kovu, vnitřní pnutí, kvalita povrchu ..
- Důsledky korozního poškození:
 - **ztráty přímé** – zkorodovaný materiál, opravy poškozeného materiálu, náklady na projekci
 - **ztráty nepřímé** – zastavení, omezení provozu z důvodu poškození konstrukce

1. Koroze

• Korozní zplodiny

- mohou být tuhé, kapalné, plynné
- důležité jsou vlastnosti korozních zplodin s ohledem na průběh koroze
- jsou vrstevnaté, složením se liší v jednotlivých vrstvách, podle druhů kovů, podle korozního prostředí
- u železa hnědé až červenohnědé, tvoří nesouvislou porézní vrstvu
- při oxidaci železa kyslíkem vznik *hematitu* Fe_2O_3 , *magnetitu* Fe_3O_4 a *wústit* FeO (okuje)
- vnitřní vrstvy tvořeny magnetitem Fe_3O_4 , vnější vrstvy z oxidů (hematit, maghemit), oxidochloridů a oxidohydroxidů

Zdroj: <http://www.koroze.wbs.cz/>



1. Druhy koroze

A) Podľa vnútorného mechanizmu (chemická koroze (*dry corrosion*), elektrochemická koroze (*wet corrosion*), mikrobiální, biologická koroze (*MIC – microbially influenced corrosion*))

B) Podľa charakteristiky napadení (rovnomerná koroze (*uniform corrosion*), spárová koroze (*crevice corrosion*), štrbinová koroze (*crevice corrosion*), bodová koroze (*pitting corrosion*), dŕlková koroze (*pitting corrosion*), nitková koroze (*filiform corrosion*))

C) Podľa kombinace s vnějšími vlivy (korozní praskání (*SCC – stress corrosion cracking*), korozní únava (*CFC – corrosion fatigue cracking*), praskání vyvolané vodíkem, kavitační koroze, erozní koroze, vibrační, bimetalická)

E) Podľa korozního prostředí (koroze v půdách, koroze ve vodných roztocích, koroze bludnými proudy, koroze v betonu, atmosférická koroze, koroze v lidském organismu, koroze v plynech, koroze v betonu..)

1. Druhy koroze

A) Podle vnitřního mechanismu:

- Chemická koroze (*dry corrosion*)
- Elektrochemická koroze (*wet corrosion*)
- Mikrobiální, biologická koroze (*MIC – microbially influenced corrosion*)

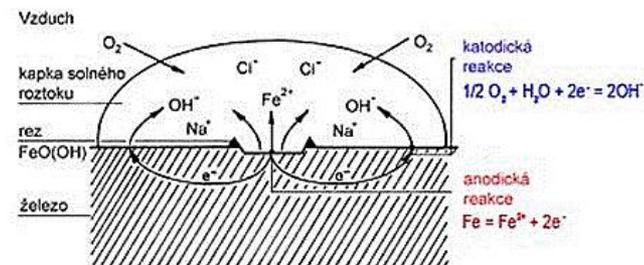
Chemická koroze (v elektricky nevodivých prostředích – bez elektrolytu)

- chemické reakce mezi prostředím a materiálem (za vysokých teplot, bez vzdušné vlhkosti)
- dochází k oxidaci kovu:
$$2F_e + O_2 = 2F_eO + \frac{1}{2}O_2 = F_{e2}O_3$$
- vzniká velmi tenká korozní vrstva
- rychlost koroze je dána zákony chemické kinetiky
- **příčiny** – oxidační (O_2 , CO_2 , SO_2) nebo redukční atmosféry (H_2 , NH_3 , N_2), zvýšená teplota, kyselina, organické rozpouštědlo
- **příklad** – okuje – zpracování oceli za vyšších teplot (např. žhání), reakce s kyslíkem

1. Druhy koroze

Elektrochemická koroze

- Dochází k oxidaci kovu v elektricky vodivých prostředích (přítomnost elektrolytu) – vznik elektrochemického článku (atmosférická koroze, ve vodě, v roztocích, v půdě).
- Dochází k oxidaci materiálu a redukci složek roztoku (viz. příklad koroze pod kapkou vody).
- Obě reakce na sebe vázány (= spřažené) – nemohou probíhat samostatně (pokud proud není vynucený).
- Nečistoty a nehomogenita kovu zrychlují korozní procesy.
- Čím hrubší povrch kovu tím větší aktivní plocha (důlky).



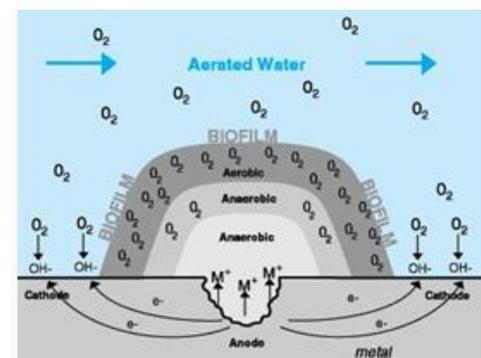
• Pasivita kovů

- potlačení korozní rychlosti v důsledku ochranné vrstvy na povrchu kovu
- ochranná vrstva – velmi tenká nepórovitá z oxidů-hydroxidů
- usnadnění pasivity legujícími prvky (např. Cr 12%)
- pasivovatelné kovy: měď, nikl, chrom, hliník, titan

1. Druhy koroze

Mikrobiální koroze

- Je vyvolána živými organizmy (bakterie, řasy, mech, houby).
- Většinou probíhá za přítomnosti vodného prostředí (stojatá voda).
- Na povrchu kovu vznik *biofilmu* (společenstvo bakterií a organismů).
- Podmínkou vzniku *biofilmu* je přítomnost vody, živin a kyslíku.
- Mikroorganismy stimulují korozní procesy – ke své látkové výměně využívají korozní produkty.
- Neodolnějším je titan.
- Prevence – zvýšení proudění kolem povrchu, pravidelné čištění, povlaky



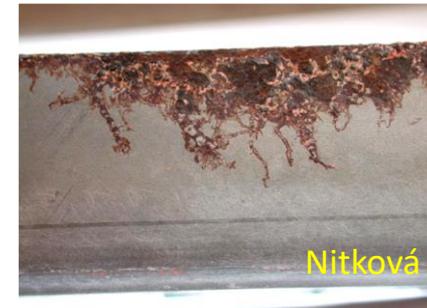
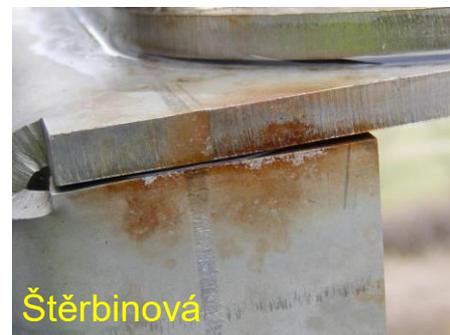
Zdroj: <https://www.engineering.sk/strojarnstvo-extra/3442-mikrobiologicka-koroze-priviny-a-formy-napadeni>

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

1. Druhy koroze

B) Podle charakteristiky napadení:

- Rovnoměrná koroze (*uniform corrosion*)
- Spárová koroze (*crevice corrosion*)
- Štěrbínová koroze (*crevice corrosion*)
- Bodová koroze (*pitting corrosion*)
- Důlková koroze (*pitting corrosion*)
- Nitková koroze (*filiform corrosion*)
- Mezikrystalová koroze (*intergranular corrosion*)
- Selektivní koroze (*exfoliation corrosion*)



Zdroj: <http://www.svuom.cz/>,

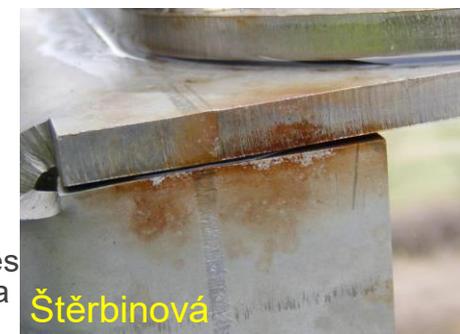
<http://www.atmpfix.cz/xcsl/cz.php>

1. Druhy koroze

B) Podľa charakteristiky napadení:

- **Rovnomerná koroze** (*uniform corrosion*)
 - Probíhá na celém povrchu rovnoměrně (se srovnatelným úbytkem)
 - V korozních systémech – homogenní povrch kovu i prostředí

- **Spárová koroze, štěrbinová** (*crevice corrosion*)
 - *Štěrbínová* – mezera mezi kovovými povrchy menší než 10 μm
 - *Spárová* - mezera větší než 10 μm
 - Objem elektrolytu uvnitř spáry malá, vně velký
 - Vznik v atmosférických podmínkách, pod mikrobiálními úsadami, v trhlinách, v pórech
 - Prevence – konstrukční úpravy, úprava prostředí, nepoužívání nasávkavých těsnících materiálů, omezení agresivních složek prostředí



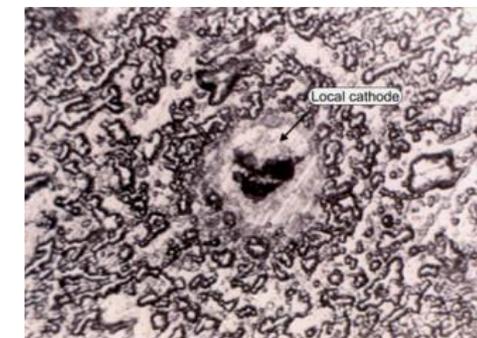
Zdroj: <http://www.svuom.cz/>, http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Čes
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

1. Druhy koroze

B) Podle charakteristiky napadení:

- **Bodová koroze + důlková koroze (*pitting corrosion*)**
 - Lokalizované napadení
 - V roztocích s chloridy, bromidy, jodidy, fluoridy (nepasivující ionty)
 - Vznik hlubokých důlků, v jejich okolí může být neporušený povrch
 - Typický pro pasivovatelné kovy v místě porušení pasivní vrstvy (korozi-vzdorné oceli)
 - Aktivní korodující vnitřek důlků je obětavou anodou pro ostatní pasivní povrch
 - Hodnocení odolnosti proti bodové korozi PRE index (čím vyšší hodnota, tím lepší) $PRE = Cr + 3,3Mo + (15 - 30) N$
 - Prevence – výběr vhodného kovu, legování *Mo*, vhodné prostředí



Zdroj: <http://www.svuom.cz/>, http://www.atmfifix.cz/ocel_cz.php

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

1. Druhy koroze

B) Podľa charakteristiky napadení:

- **Nitková koroze** (*filiform corrosion*)
 - zvláštní forma štěrbinové koroze
 - pod organickými povlaky a pod fosfátovými, zlatými povlaky
 - typická v automobilovém průmyslu nebo v potravinářství
 - vznik při atmosférické korozi
 - Prevence – výběr vhodného kovu, úprava charakteristik prostředí



Zdroj: <http://www.svuom.cz/>,

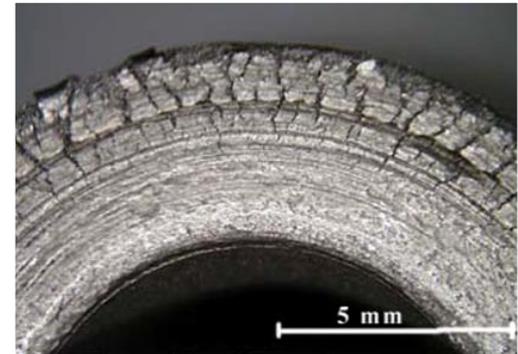
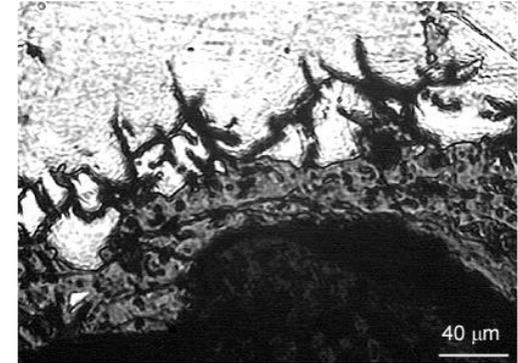
http://www.atmpfix.cz/ocel_cz.php

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

1. Druhy koroze

B) Podle charakteristiky napadení:

- **Mezikrystalová koroze** (*intergranular corrosion*)
 - Nevzniká na povrchu ale mezi zrny matrice oceli.
 - Příčinou strukturální a chemická nehomogenita kovu na hranicích zrn.
 - Převážně u korozivzdorné oceli po tepelném zpracování (např. svařování) (na hranicích zrn dochází ke ztrátě chromu).
 - Oblasti ochuzené o chrom korodují přednostně, ztrácejí soudržnost a mechanickou pevnost.
 - Při snížení obsahu chromu pod 12% hm. horší pasivace povrchu oceli.
 - Prevence – snížení obsahu uhlíku ve struktuře kovu (<0,03 %hm. C), legující prvky (*Ti*, *Nb*) = stabilizace uhlíku oceli, zamezení nevhodného tepelného zpracování
 - *Nožová koroze* – u stabilizovaných koroz. ocelí, *exfoliační koroze* u hliníku



Zdroj: <http://www.svuom.cz>

1. Druhy koroze

B) Podle charakteristiky napadení:

- **Selektivní koroze** (*exfoliation corrosion*)
 - Přednostně dochází k rozpouštění některé ze složek slitiny.
 - Např. *odzinkování mosazi* – část původní slitiny mědi a zinku se přemění na houbovitou měď bez pevnosti.
 - Probíhá buď lokálně nebo v celé vrstvě.
 - *Spongióza* – grafitizace šedé litiny rozpouštěním železa v šedé litině – vzniká porézní struktura grafitu s horšími mechanickými vlastnostmi. Vzniká ve vodách i v půdě.
 - Prevence – menší obsah $Zn < 15\%$ hm., omezit oxidační schopnost prostředí snížením kyslíku, zvýšením proudění



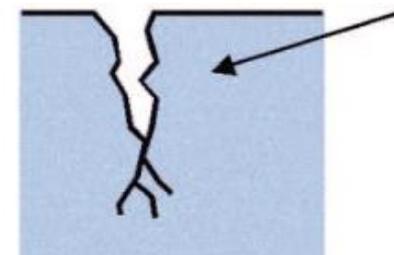
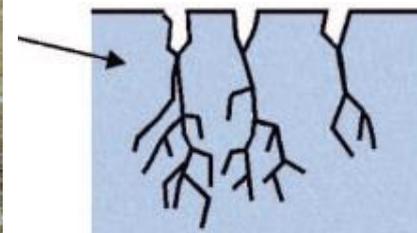
Zdroj: <http://www.svuom.cz>

1. Druhy koroze

C) Podľa kombinácie s vnějšími vlivy:

- Korozní praskání (SCC)
- Korozní únava (CFC)
- Praskání vyvolané vodíkem
- Kavitační koroze
- Erozní koroze
- Vibrační
- Bimetalická

Zdroj: <http://www.svuom.cz/>, http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php



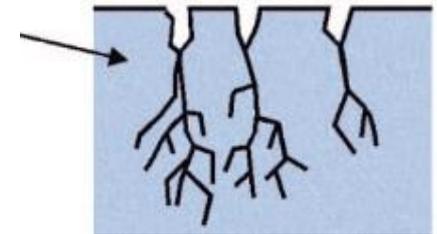
1. Druhy koroze

C) Podle kombinace s vnějšími vlivy:

- **Korozní praskání** (*Stress Corrosion Cracking*)

- Vzniká při působení statického tahového napětí kovového materiálu exponovaného ve specifickém prostředí.
- Vznikají a rostou trhliny po hranicích zrn i přes zrna (transkrystalově).
- Pro vznik stačí i vnitřní pnutí (po tváření za studena).
- Trhliny vznikají přednostně v místě porušení pasivní vrstvy a šíří se po hranicích.
- Homogennější materiál – náchylnost k SCC menší
- Prevence – snížení tahových napětí v materiálu nebo konstrukci, odstranění agresivních složek z prostředí, vhodné zvolení materiálu..

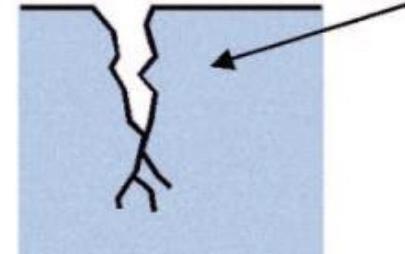
Korozní praskání



1. Druhy koroze

C) Podle kombinace s vnějšími vlivy:

- **Korozní únava** (*Corrosion Fatigue Cracking*)
 - Spolupůsobení korozního prostředí a cyklického mechanického namáhání s tahovou složkou.
 - Cyklické zatěžování způsobuje porušení celistvosti vznikem trhlinek.
 - V trhlíně, která se otevírá a zavírá se neuplatní korozní poškození, vliv na šíření trhlin má především mechanické namáhání.
 - Lom je pokryt korozními produkty, vznikají málo rozvětvené trhliny.
 - Prevence – odstranění cyklické tahové složky, snížení amplitudy zatížení, volba odolnějšího materiálu, snížení agresivity prostředí, použití povlaků



1. Druhy koroze

C) Podle kombinace s vnějšími vlivy:

• Erozní koroze

- Mechanické poškození povrchu v důsledku rychle proudící kapaliny nebo plynu.
- Turbulentní proudění má větší vliv.
- Prevence – výběr materiálu, odstranění proudění, materiál s vyšší povrchovou tvrdostí a hladkostí

• Kavitační koroze

- V důsledku vzniku a zániku vzduchových bublin v blízkosti povrchu kovu.

• Vibrační koroze

- V důsledku vzájemného pohybu kovů.
- Opakované odstraňování tenké oxidové vrstvy.
- Prevence – mazání, vhodná volba materiálu



1. Druhy koroze

E) Podľa korozného prostredia:

- ***Koroze v pôdach***
 - korozi ovplyvňuje pôdná vlhkosť, sodržnosť, homogenita, chemické složení pôdy, pH (v rozmezí 5 – 9)
- ***Koroze ve vodných roztocích***
 - korozi ovplyvňuje obsah kyslíku a agresivních plynů, množství a typ rozpuštěných solí, pH (v rozmezí 3 – 9), teplota, rychlost proudění
- ***Koroze bludnými proudy***
 - v okolí elektrizovaných železnicích železničních, městských či jiných drah
- ***Koroze v betonu***
 - Korozní agresivita pórového roztoku v betonu je závislá především na přístupu oxidu uhličitého a chloridů k výztuži.
- ***Atmosférická koroze***

1. Druhy koroze

E) Podle korozního prostředí:

- ***Koroze v půdách***

- korozi ovlivňuje půdní vlhkost (koroze při vlhkosti 20 – 30 %), soudržnost, homogenita, chemické složení půdy, pH (v rozmezí 5 – 9)
- nezbytná přítomnost půdního elektrolytu
- agresivní půdy – jílovité (vážou vodu, při vysychání trhliny – pronikání srážkové vody)
- půdní agresivita zvýšená mikrobiální aktivitou
- většinou lokální druhy korozního poškození
- protikorozní ochrana – ochranné tkaniny, asfaltové pásy, katodická ochrana, vhodná volba materiálu



1. Druhy koroze

E) Podle korozního prostředí:

- **Koroze ve vodách** (chemicky čistá voda, slabě koncentrované roztoky)
 - čistá voda – zanedbatelná koroze
 - agresivita ovlivněna obsahem kyslíku a agresivních plynů, množstvím a typem rozpuštěných solí, organických látek a mikroorganismy, pH, teplota
 - soli zvyšují vodivost, vznik lokálních korozních poruch
 - chloridy jsou ve vodách téměř vždy (15-200 mg/l)
 - člunek s diferenční aerací (nerovnoměrný přístup kyslíku)
 - protikorozní ochrana – Zn povlaky, omezení agresivních látek, hydrogenuhličitanové, vápenaté a hořečnaté ionty – tvorba ochranné vrstvy



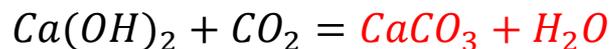
Zdroj: <http://www.svuom.cz/>, http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php

1. Druhy koroze

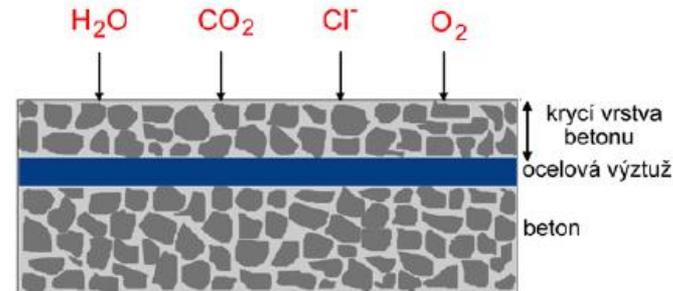
E) Podle korozního prostředí:

• **Koroze v betonu**

- beton = pórovitý materiál
- v čerstvém betonu je ocel pasivní (hydroxid vápenatý vytváří s vodou roztok s pH 12,5-13,5 – dochází k samovolné pasivaci oceli)
- korozní agresivita betonu závisí na přístupu CO₂ a Cl⁻ k výztuži
- při průniku CO₂ do betonu – *karbonatace* betonu:



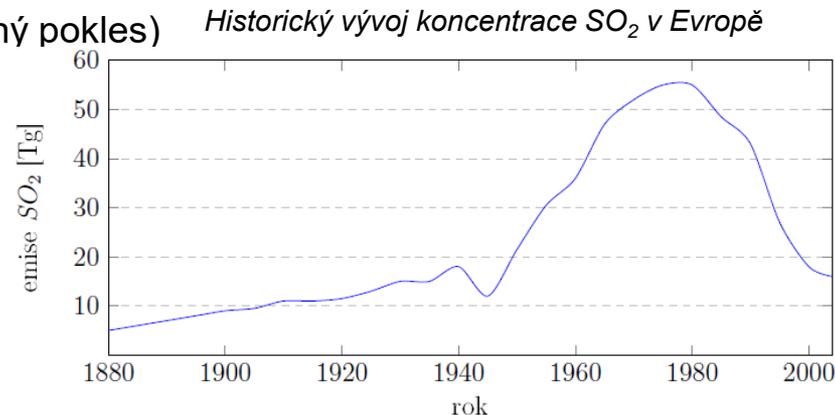
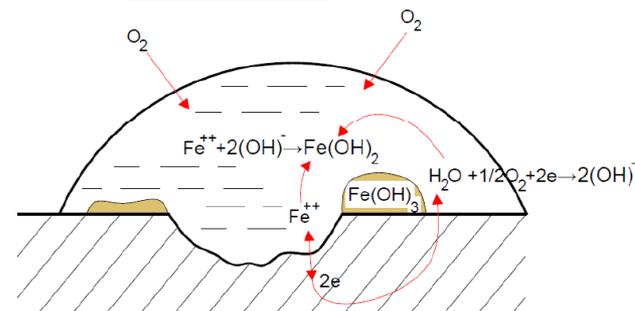
- při prostupu zkarbonátované vrstvy betonu až k výztuži snížení pH korozního prostředí (aktivace při pH 9)
- kritická koncentrace Cl v betonu – 0,2 hm.% (snížení pH pod 10)
- protikorozní ochrana – omezení prostupu vlhkosti do betonu, omezení přístupu stimulatorů, povlaky výztuže, vhodná volba materiálu výztuže



1. Druhy koroze

E) Podle korozního prostředí:

- **Atmosférická koroze**
- nejběžnější typ korozního prostředí
- podmínkou vytvoření tenké vrstvy *elektrolytu* na povrchu kovu (ze vzdušné vlhkosti, dešťových srážek) – elektrochemická koroze
- Environmentální parametry atmosféry ovlivňující korozní procesy:
 - vzdušná vlhkost RH (kondenzací vznik elektrolytu na povrchu kovu)
 - teplota vzduchu T
 - koncentrace SO₂ (v posledních desetiletích výrazný pokles)
 - koncentrace Cl
 - koncentrace pevných částic PM₁₀
 - množství dešťových srážek a jejich pH a další..
- Další parametry ovlivňující korozní procesy:
 - kvalita povrchu
 - termodynamické vlastnosti kovu



Zdroj: http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php

2. Atmosférická koroze



(a) Spárová koroze stožáru v místě příložkového spoje nárožníku



(b) Vrstevnaté korozní produkty na horním povrchu dolní pásnice mostní konstrukce vytvořené v důsledku hromadění nečistot a zadržní vlhkosti



- vnější vs. vnitřní
- způsobuje rovnoměrnou korozi nebo bodovou, štěrbinovou korozi
- Korozní agresivita vnějších atmosfér dle ČSN EN ISO 9223 – **C1 až CX**
 - **C1** – atmosféry v uzavřených, klimatizovaných místnostech (nedochází ke kondenzaci vody)
 - **C2** – Prostory s občasou kondenzací.
 - **C3** – Suché prostory.
 - **C4** – Vlhké prostory
 - **C5** – Velmi vysoká korozní agresivita
 - **CX** – Extrémní vlhkost.

2. Atmosférická koroze

- ČSN EN ISO 9223 – kap. 7 - Tabulka 2



Tabulka 2 – Rychlosti koroze (r_{corr}) po prvním roce expozice pro jednotlivé stupně korozní agresivity

Stupeň korozní agresivity	Rychlosti koroze kovů r_{corr}				
	Jednotky	Uhlíková ocel	Zinek	Měď	Hliník
C1	g/(m ² -a)	$r_{\text{corr}} \leq 10$	$r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$r_{\text{corr}} \leq 0,9$	zanedbatelná
	μm/a	$r_{\text{corr}} \leq 1,3$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$	$r_{\text{corr}} \leq 0,1$	–
C2	g/(m ² -a)	$10 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$0,9 < r_{\text{corr}} \leq 5$	$r_{\text{corr}} \leq 0,6$
	μm/a	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,7$	$0,1 < r_{\text{corr}} \leq 0,6$	–
C3	g/(m ² -a)	$200 < r_{\text{corr}} \leq 400$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 15$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 12$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 2$
	μm/a	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$0,7 < r_{\text{corr}} \leq 2,1$	$0,6 < r_{\text{corr}} \leq 1,3$	–
C4	g/(m ² -a)	$400 < r_{\text{corr}} \leq 650$	$15 < r_{\text{corr}} \leq 30$	$12 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$2 < r_{\text{corr}} \leq 5$
	μm/a	$50 < r_{\text{corr}} \leq 80$	$2,1 < r_{\text{corr}} \leq 4,2$	$1,3 < r_{\text{corr}} \leq 2,8$	–
C5	g/(m ² -a)	$650 < r_{\text{corr}} \leq 1\,500$	$30 < r_{\text{corr}} \leq 60$	$25 < r_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < r_{\text{corr}} \leq 10$
	μm/a	$80 < r_{\text{corr}} \leq 200$	$4,2 < r_{\text{corr}} \leq 8,4$	$2,8 < r_{\text{corr}} \leq 5,6$	–
CX	g/(m ² -a)	$1\,500 < r_{\text{corr}} \leq 5\,500$	$60 < r_{\text{corr}} \leq 180$	$50 < r_{\text{corr}} \leq 90$	$r_{\text{corr}} > 10$
	μm/a	$200 < r_{\text{corr}} \leq 700$	$8,4 < r_{\text{corr}} \leq 25$	$5,6 < r_{\text{corr}} \leq 10$	–

2. Atmosférická korozie

• ČSN EN ISO 9223 – kap. 8 – *dose-response function*

Pro uhlíkovou ocel se použije rovnice (1):

$$r_{\text{corr}} = 1,77 \cdot P_d^{0,52} \cdot \exp(0,020 \cdot \text{RH} + f_{\text{St}}) + 0,102 \cdot S_d^{0,62} \cdot \exp(0,033 \cdot \text{RH} + 0,040 \cdot T)$$

$$f_{\text{St}} = 0,150 \cdot (T - 10) \text{ pro } T \leq 10^\circ\text{C}, \text{ jinak } -0,054 \cdot (T - 10)$$

$$N = 128, R^2 = 0,85$$

Pro zinek se použije rovnice (2):

$$r_{\text{corr}} = 0,0129 \cdot P_d^{0,44} \cdot \exp(0,046 \cdot \text{RH} + f_{\text{Zn}}) + 0,0175 \cdot S_d^{0,57} \cdot \exp(0,008 \cdot \text{RH} + 0,085 \cdot T)$$

$$f_{\text{Zn}} = 0,038 \cdot (T - 10) \text{ pro } T \leq 10^\circ\text{C}, \text{ jinak } -0,071 \cdot (T - 10)$$

$$N = 114, R^2 = 0,78$$

Pro měď se použije rovnice (3):

$$r_{\text{corr}} = 0,0053 \cdot P_d^{0,26} \cdot \exp(0,059 \cdot \text{RH} + f_{\text{Cu}}) + 0,01025 \cdot S_d^{0,27} \cdot \exp(0,036 \cdot \text{RH} + 0,049 \cdot T)$$

$$f_{\text{Cu}} = 0,126 \cdot (T - 10) \text{ pro } T \leq 10^\circ\text{C}, \text{ jinak } -0,080 \cdot (T - 10)$$

$$N = 121, R^2 = 0,88$$

Pro hliník se použije rovnice (4):

$$r_{\text{corr}} = 0,0042 \cdot P_d^{0,73} \cdot \exp(0,025 \cdot \text{RH} + f_{\text{Al}}) + 0,0018 \cdot S_d^{0,60} \cdot \exp(0,020 \cdot \text{RH} + 0,094 \cdot T)$$

$$f_{\text{Al}} = 0,009 \cdot (T - 10) \text{ pro } T \leq 10^\circ\text{C}, \text{ jinak } -0,043 \cdot (T - 10)$$

$$N = 113, R^2 = 0,65$$

kde je

r_{corr} rychlost korozie kovu po prvním roce expozice v mikrometrech za rok ($\mu\text{m/a}$);

T roční průměrná teplota ve stupních Celsia ($^\circ\text{C}$);

RH roční průměrná relativní vlhkost vzduchu v procentech (%);

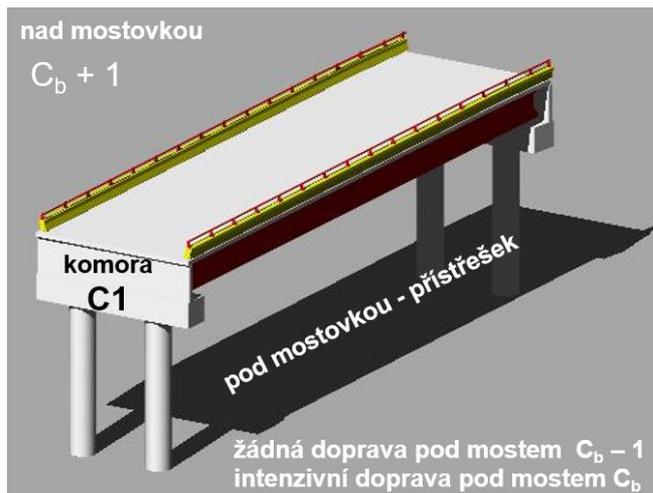
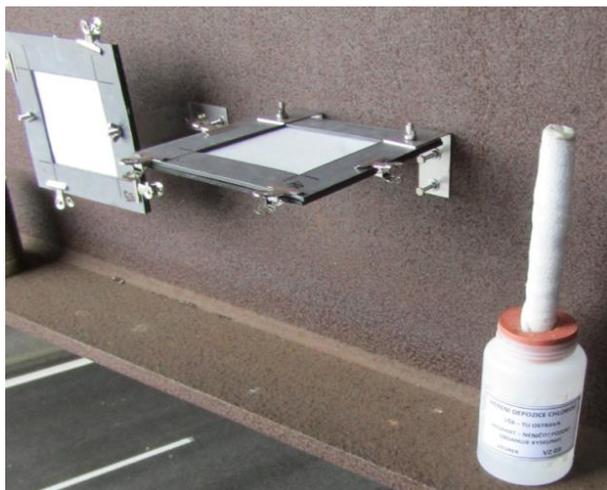
P_d roční průměrná depoziční rychlost SO_2 v miligramech na čtverečný metr a den [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$];

S_d roční průměrná depoziční rychlost Cl^- v miligramech na čtverečný metr a den [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$].



2. Atmosférická korozie

- specifické prostredí – **mikroklima mostných konštrukcií**
- rozdielne korozné chováni v rôznych častiach, polohách konštrukcie (niektoré plochy čiastočne chránené)
- rozdiely v orientácii povrchu (vertikální x horizontální)
- významný korozný stimulátor – chloridy
- stupeň koroznej agresivity = $C_{\text{pozadí lokality}} + 1$



Zdroj: http://www.atmofix.cz/ocel_cz.php

Použitá literatura

ČSN EN ISO 8044 – Koroze kovů a slitin - Slovník

Leygraf, Ch., Odnewal Wallinder, I., Tidblad, J., Graedel, T.E. ***Atmospheric corrosion***. Second edition. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2016. ISBN 9781118762271

Kreislová, K., Knotková, D. ***Korozní agresivita atmosféry a metody predikce atmosférické koroze***, Praha: SVUOM. Praha, 2014.

Kreislová, K., Knotková, D. ***Korozní chování kovů a kovových povlaků v atmosférickém prostředí***. SVUOM. Praha, 2014. ISBN 978-80-87444-08-5.

Bartoň, K. ***Protection against atmospheric corrosion: theories and methods***. J. Wiley and Sons, London, 1977.

Fontana, M. G., Greene, N. D. ***Corrosion Engineering***, McGraw-Hill Book Company, 1967.

Bartoníček, R. a kol. ***Koroze a protikorozní ochrana***. Academia Praha, 1966.

Černý, M. a kol. ***Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů***. SNTL Praha, 1984.

Křivý, V., Kreislová, K., Rozlívka, L., Knotková, D. ***Směrnice pro používání ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi***. Praha: SVUOM, 2011.