



**INTERREG V-A**  
SLOVENSKÁ REPUBLIKA  
ČESKÁ REPUBLIKA



**EURÓPSKA ÚNIA**  
**EURÓPSKY FOND**  
**REGIONÁLNEHO ROZVOJA**  
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

# ***KOROZE***

## ***Konštrukční kovové materiály a ochrana proti korozi***

### **NÁZOV PROJEKTU:**

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov  
v oblasti mostného stavebníctva 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. Korozní odolnost konstrukčních kovových materiálů

- Nízkolegované, střednělegované a nelegované oceli
- Litina
- Hliník
- Korozivzdorné oceli

## 2. Ochrana proti korozi

- Organické kovové povlaky
- Povlaky anorganické nekovové - konverzní
- Povlaky anorganické nekovové – smalty
- Povlaky anorganické speciální
- Povlaky organické - nátěry

## 3. Úprava povrchu

## 4. Korozní zkoušky

# 1. Konstrukční kovové materiály

## A) Nízkolegované, středně legované a nelegované oceli

- C do 0,3 % hm., max. 2-3 % hm. legujících prvků
- oceli ve většině prostředí nestabilní – nutný návrh protikorozní ochrany
- specifická skupina – nízkolegované oceli odolné proti povětrnostním vlivům = patinující ocel (*COR-TEN, Atmofix*)
  - obsah Cu, Cr, Ni a P do 2% hm.
  - pro konstrukce umístěné v atmosféře
  - za vhodných podmínek – ochranná vrstva korozních produktů (*patina*) – kompaktní, celistvá, bez pórů
  - dle ČSN EN 10 025-5 se patinující oceli značí:

**S235J0WP**

kde S značí konstrukční ocel, 235 je hodnota meze kluzu v MPa, J0 představuje hodnotu nárazové práce 27 J při 0°, W označuje ocele se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi a P obsah fosforu.

## 1. Konstrukční kovové materiály

### A) Nízkolegované, středně legované a nelegované oceli

ČSN EN 10025-2 Nelegované konstrukční oceli	ČSN EN 10025-3 Normalizačně žíhané/válcované jemnozrné konstrukční oceli	ČSN EN 10025-4 Termomechanicky válcované jemnozrné konstrukční oceli	ČSN EN 10025-5 Konstrukční oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi	ČSN EN 10025-6 Ploché výrobky s vyšší mezí kluzu po zušlechtnění
S235JR	S275N	S275M	S235J0W	S460Q a QL
S235J0	S275NL	S275ML	S235J2W	S500Q a QL
S235J2	S355N	S355M	S355J0WP	S550Q a QL
S275JR	S355NL	S355ML	S355J2WP	S620Q a QL
S275J0	S420N	S420M	S355J0W	S690Q a QL
S275J2	S420NL	S420ML	S355J2W	S890Q a QL
S355JR	S460N	S460M	S355K2W	S960Q a QL
S355J0	S460NL	S460ML	-	-
S355J2	-	-	-	-
S355K2	-	-	-	-
S450J0	-	-	-	-

## 1. Konstrukční kovové materiály

### A) Nízkolegované, středně legované a nelegované oceli

Uhlíková ocel



Patinující ocel -  
ochranná vrstva patiny



Patinující ocel - méně  
ochranná vrstva patiny



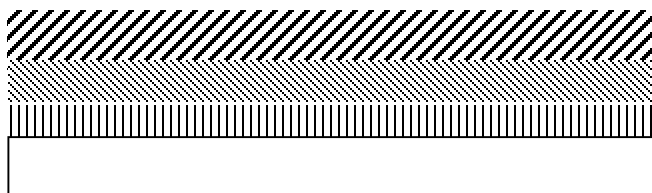
ZDROJ: SVÚOM s.r.o.

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

## 1. Konstrukční kovové materiály

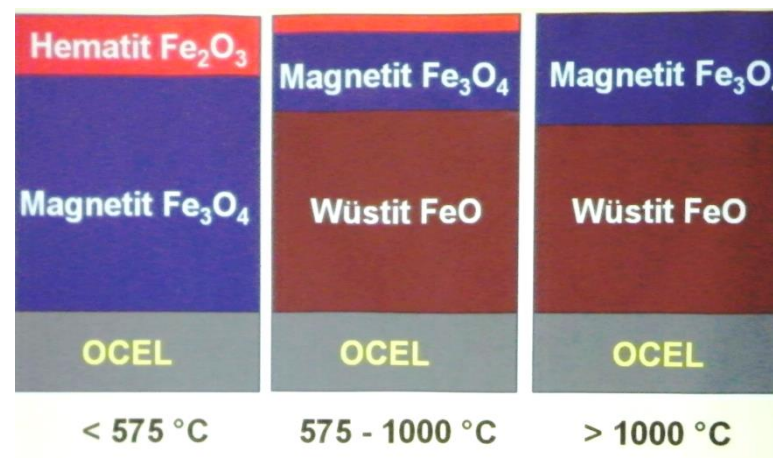
### A) Nízkolegované, středně legované a nelegované oceli

- na oceli válcované za tepla vznik **okují** (oxidy železa)
- tvoří krátkodobou protikorozní ochranu při skladování



Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 14%  
Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> - 33%  
FeO - 53%

Fe



## 1. Konstrukční kovové materiály

### B) Litina

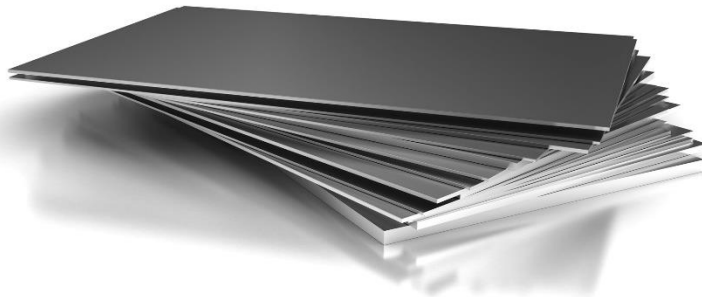
- obsah  $> 2,11\%$  C
- podle obsahu legujících prvků hliníková, chromová, austenitická niklová..
- heterogenní struktura
- korozní odolnost v atmosféře srovnatelná s uhlíkovou ocelí
- odolnější proti rovnoměrnému koroznímu poškození
- náchylnější k selektivní korozi (grafitizace)



## 1. Konstrukční kovové materiály

### C) Hliník

- velmi reaktivní a lehce oxidovatelný kov
- ihned po expozici je pokryt tenkou vrstvičkou oxidů
- korozní odolnost závisí na stabilitě ochranné oxidické vrstvy
- náchylný k lokálním druhům poškození
- *slitiny neobsahující měď* (AlMg, AlMgMn, AlZnMg) – korozní odolnost podobná jako pro čistý hliník
- *slitiny obsahující měď* (AlCu4Mg) – vyšší pevnostní hodnoty, nižší korozní odolnost v agresivních prostředích s chloridy





## 1. Konstrukční kovové materiály

### D) Zinek

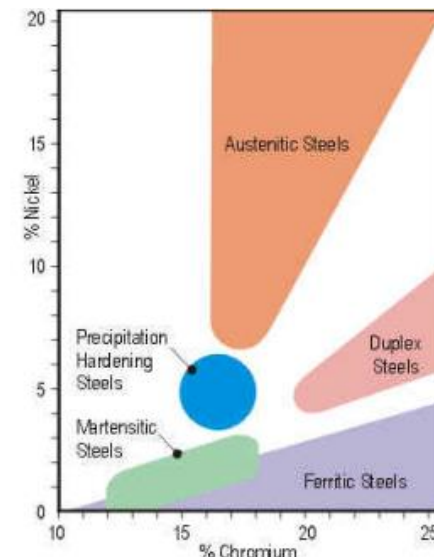
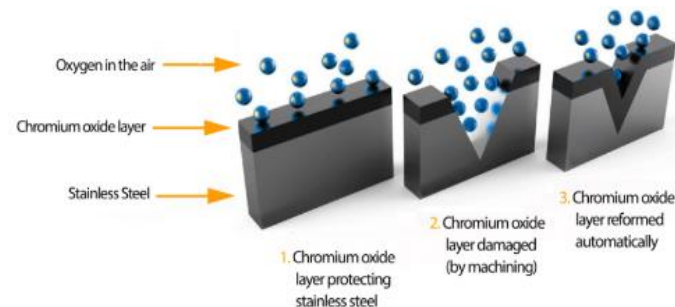
- dlouhodobá korozní odolnost – ochranné působení korozních produktů
- koroze většinou rovnoměrná
- citlivý na znečištění chloridy a organickými kyselinami
- aplikace povlaků zinku – protikorozní ochrana



## 1. Konštrukční kovové materiály

### E) Korozivzdorné oceli

- obsah  $\geq 10,5$  % Cr a  $\leq 1,2$  % C, ďalej Ni, Mo, S
- *austenitické* (Fe, Cr, Ni,  $< 0,1$  % C)
  - najbežnejšia ocel
  - vysoká korozná odolnosť, dobré mechanické vlastnosti
- *feritické* (Fe, Cr,  $< 0,1$  % C)
  - jemnozrnná štruktúra, odolná v atmosfére alebo vo vode
- *martenzitické* (Fe, Cr,  $> 0,1$  % C)
  - zakalené rýchlym ochladením, typická martenzitická štruktúra
- *duplexní* (Fe, Cr, Ni)
  - dobrá únavová pevnosť, vyššia mez kluzu
- vysoký obsah Mo a N – odolnosť proti dĺžkovej korozi vyvolanej chloridmi
- v atmosfére odolné proti rovnomernej korozi
- prostredie s chloridmi – dĺžková/bodová koroze

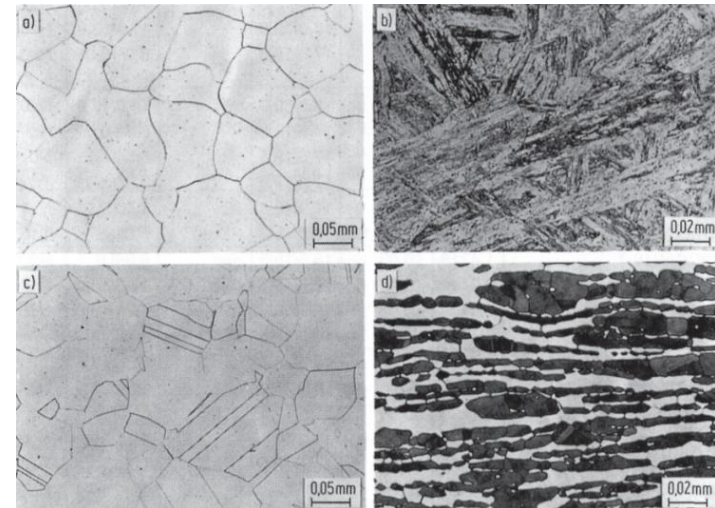


## 1. Konstrukční kovové materiály

### E) Korozivzdorné oceli

struktura oceli	hlavní legující složky
feritická (a)	Cr
martenzitická (b)	Cr, C, Ni
austenitická (c)	Cr, Ni, Mo
austeniticko-feritická (duplexní) (d)	Cr, Ni, Mo (více Cr a méně Ni než austenitické oceli)

- *Duplexní* – velmi dobrá korozní odolnost
- *Austenitická* – dobrá korozní odolnost
- *Feritické a martenzitické* – dobrá korozní odolnost
- **použití** – především chemický + energetický průmysl (40%), potravinářský průmysl (20%), architektura (25%), automobilový průmysl...



## 2. Ochrana proti korozi

### Kritéria pro volbu vhodné povrchové úpravy:

- agresivita korozního prostředí
- životnost konstrukce
- životnost protikorozní ochrany
- pořizovací náklady
- údržba protikorozní ochrany

### Rozdělení protikorozní ochrany:

- povlakování organické (nátěry, pryžové, polymerní)
- povlakování anorganické kovové
- povlakování anorganické nekovové (smalty, konverzní, cementové)

*Polyetylenový povlak oceli*



## 2. Ochrana proti korozi

- **Aktivní ochrana** – katodická ochrana, anodická ochrana
- **Pasivní ochrana** – povlakování organické x anorganické
- **Ochrana úpravou prostředí** – destimulace, inhibice, změna fyzikálních parametrů
- **Katodická ochrana**
  - často jako doplňkový způsob ochrany oceli
  - chráněný objekt je katodou
  - spojením s kovem, který má v daném prostředí samovolně negativnější korozní potenciál než je požadovaný ochranný potenciál (obětavá anoda) – uhlíková ocel v prostředí vody + ochrana hořčík, zinek a hliník
  - spojením chráněného kovu se záporným pólem zdroje stejnosměrného proudu – kolem anody bývá z důvodu velkého proudového pole je zásyp, anoda může být ve větší vzdálenosti, k ochraně velkých objektů
  - malé pořizovací náklady, velké provozní náklady, vhodná pro všechny kovy, selhání nevede k rychlému poškození, doplňková ochrana, návrh dle empirických vztahů

## 2. Ochrana proti korozi

- **Anodická ochrana**

- polarizace do stavu pasivního
- úmyslná pasivace kovu průchodem proudu nebo změnou potenciálu kovu
- velké pořizovací náklady, malé provozní náklady, selhání vede k velkému poškození, musí být vysoká vodivost prostředí, návrh dle laboratorních zkoušek

- **Destimulace**

- odstranění hlavní příčiny korozního poškozování z prostředí
- nejběžněji odstranění kyslíku, chloridů, pevných částic z korozního prostředí
- použití v případech pokud je agresivní složky v prostředí málo

## 2. Ochrana proti korozi

- **Inhibice**

- inhibitor = látka přidaná do korozního prostředí v malé koncentraci, která snižuje korozní agresivitu prostředí
- blokuje dílčí anodické či katodického děje, zajišťuje pasivaci kovu
- difuzní – brzdí pohyb, povrchové – absorbují korozní činitel

- **Změna fyzikálních prostředí**

- změna teploty, snížení proudění

## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky anorganické kovové:

- nejběžnější zinkové, hliníkové, chromové povlaky
- ochrana pomocí vytvořené bariéry mezi kovovým povrchem a korozním prostředím
- podmínkou provedení bezporuchového povlaku – velmi obtížné zajistit
- životnost povlaku je lineárně úměrná jejich tloušťce a závisí na technologii výroby
  - **plátování** – povlak tloušťky 0,1 – 10 mm
  - **žárové povlakování** – ponor do taveniny, nástřik
  - **pokovování z elektrolytů (galvanické)** – ponořený předmět katodou



## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky anorganické nekovové konverzní:

- ochrana pomocí vytvořené bariéry mezi kovovým povrchem a korozním prostředím spolu s pasivačním mechanismem
- nejčastěji vytvářené na hliníku, zinku, titanu, vanadu a oceli
- povlaky fosfátové, chromátové, oxidické, anodické, böhmitové, pasivní..
- elektricky nevodivé povlaky
- vznikají chemickou, fyzikální a chemickou reakcí kovu s vhodným prostředím
- reaktivní nátěry – povrch reaguje s fosforečnanovou skupinou organofosforečnanového činidla

## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky anorganické nekovové - smalty:

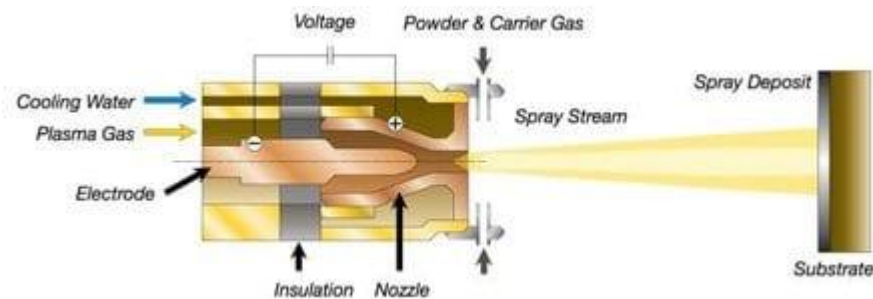
- smalt = sklovitý povlak obsahující křemičitany vzniká natavením sklovité hmoty při teplotě cca 800°C
- lze aplikovat na ocel, šedou litinu
- korozně odolné i v silně agresivních prostředích za relativně vysokých teplot a tlaků
- **smalty s vysokou chemickou odolností** – obsah  $\text{SiO}_2$  nad 50%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , kyselinovzdorné nebo alkalivzdorné, odolávají teplotám až 350°C
- **smalty se střední chemickou odolností** – menší tloušťka, odolnost klesá se vzrůstající teplotou nebo tlakem
- **smalty žáruvzdorné** – vysoká chemická odolnost při vysokých teplotách až do 900°C

## 2. Ochrana proti korozi

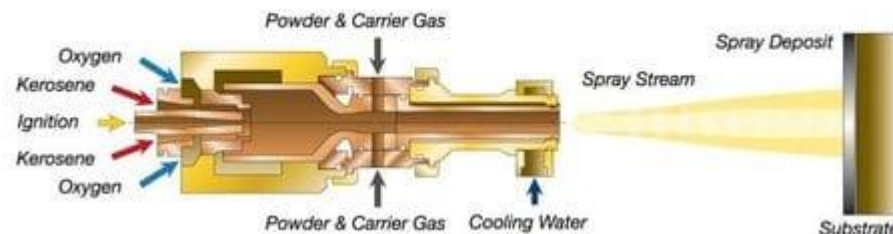
### Povlaky anorganické speciální:

- *cementové*
  - možnost aplikace na zkorodovaný povrch
  - bariérový účinek ochrany
- *práškový nástřik*
  - nástřik za zvýšené teploty
  - nanášení tlustých povlaků (30  $\mu\text{m}$  – 1000  $\mu\text{m}$ )

*atmospheric plasma spraying (APS)*



*high velocity oxygen fuel spray (HVOF)*



## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky organické - nátěry:

- nejčastější způsob protikorozní ochrany
- nátěrové hmoty obsahují filmotvorné látky, pigmenty, plnivo, rozpouštědlo, aditiva
- důležitá je předúprava podkladu, počet vrstev, doba zasychání
- **A) základní nátěrová vrstva**
  - zajišťuje přilnavost celého systému k podkladu
- **B) podkladová vrstva**
  - doplňují systém na požadovanou tloušťku
- **C) vrchní vrstva**
  - musí být odolná proti danému prostředí, plnit estetické vlastnosti



## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky organické - nátěry:

- **Podle vlastností:**
  - laky
  - pigmentové nátěrové hmoty
  
- **Podle účelu:**
  - vnitřní
  - venkovní
  - speciální
  
- životnost nátěru = doba první obnovy, závisí na kvalitě provedení
  
- Nanášení nátěru na povrch s předepsaným **stupněm čistoty** (ČSN ISO 8501) a **drsnotí** (ČSB ISO 8503)

## 2. Ochrana proti korozi

### Povlaky organické - nátěry:

- nanášení ve vnitřním prostoru, nebo ve vnějším prostředí za podmínek:
  - neprovádět nanášení nátěru při teplotě menší než  $+5^{\circ}\text{C}$  (u vodou ředitelných nátěru  $+10^{\circ}\text{C}$ )
  - teplota povrchu podkladu musí být minimálně  $+3^{\circ}\text{C}$
  - nelze aplikovat nátěr na vlhký povrch
- nanášení štětcem, válečkem, pneumatické stříkání, vysokotlaké stříkání, máčením, navalováním

## 3. Úprava povrchu

### Úprava povrchu

- **Ruční mechanické čištění** – broušení, čištění ocelovým kartáčem, oškrábání stěrkou
- **Otloukání** – oklepávací kotouč, čistící pistole, rotační ocelový kartáč
- **Omílání** – čištění omílacími tělisky v bubnu
- **Broušení** – pneumatické a elektrické brusky
- **Leštění**
- **Superfiniš** – ultrazvukem, elektrolytickým rozpouštěním materiálu
- **Otryskávání** – za sucha nebo za mokra s použitím křemičitého písku a tlaku
- **Chemické předúpravy** – odmašťování, pasivace, fosfátování, moření
- **Chemické odrezování** – v kyselině fosforečné



## 4. Korozní zkoušky

- volba zkoušky dle sledovaného cíle (např. kvalita povrchové úpravy v konkrétním typu prostředí)
- volba zkoušky s ohledem na časové možnosti → atmosférická zkouška v reálném prostředí je časově náročnější
- vhodná volba vzorku (modelové x atmosférické zkoušky)
- zhodnocení vlastností prostředí, ve kterém bude prvek reálně umístěn nebo používán
- z každé zkoušky – zkušební protokol

20 cyklů v SO<sub>2</sub>



Litina

336 h v solné mlze



ZDROJ: SVÚOM s.r.o.

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



## 4. Korozní zkoušky

- **Atmosférické - zkoušky v reálných prostředích**
  - **ČSN EN ISO 8565** Kovy a slitiny – Atmosférické korozní zkoušky – základní požadavky na staniční zkoušky
  - expozice v prostředí, časově náročné (expozice 1, 2, 5, 10 až 20 let)
  - korozní vzorky 150 x 100 x 1-3 mm
  - po expozici laboratorní analýzy – vizuální hodnocení, analýza korozních produktů, stanovení korozního úbytku (mořením), RTG difrakční analýza, prvková analýza..



## 4. Korozní zkoušky

- **Atmosférické - zkoušky v reálných prostředích**
  - Výrobky s plochou min. 50 cm<sup>2</sup>
  - Povrch vzorku odmaštěný a čistý, označený (rozpoznatelnost)
  - Hrany vzorků chráněny páskou
  - Vlastnosti před expozicí (kvalita povrchu, tloušťka, hmotnost, defekty..)
  - Expozice na *volné atmosféře x pod přístřeškem*



## 4. Korozní zkoušky

### • Urychlené korozní zkoušky

- urychlení korozních nebo jiných degradačních mechanismů zvýšením korozních činitelů (teplota, vlhkost, korozní stimulatory)
- známá agresivita zkušebního prostředí
- cyklické zkoušky
- **ISO 11474** *Corrosion of metals and alloys – Corrosion tests in artificial atmosphere – Accelerated outdoor test by intermittent spraying of a salt solution (Scab test)*
- urychlený atmosférický test – postřikem roztokem NaCl (30g/l)
- požadavky na vzorky totožné jako u běžných atmosférických zkoušek

## 4. Korozní zkoušky

### • Laboratorní

- **ČSN 03 8131** Korozní zkouška v kondenzační komoře
- nejjednodušší zkouška korozní odolnosti
- zkouška nátěrových systémů
  
- **ČSN ISO 9227** Korozní zkoušky v umělých atmosférách - Zkoušky solnou mlhou
- měření vlivu salinity (5% NaCl), oxidu siřičitého, vlhkosti



## 5. Korozní zkoušky

- **Modelové**
  - věda a výzkum
  - náročné a specifické zkoušky
  - referenční modely
  - odhad podmínek dlouhodobé expozice
  - zhoršená opakovatelnost
  - výsledky porovnatelné s referenčními vzorky

## Doporučená literatúra

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 protikorozi 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.