

# Korozní poškození a ztráta funkce strojního zařízení

**Bakalářská práce**

**Vedoucí bakalářské práce:**  
doc. Ing. Michal Černý, CSc.

**Vypracoval:**  
Radim Fousek

**Brno 2016**

Na této stránce bude vložen originální formulář Zadání bakalářské práce.  
Vystavený, podepsaný a orazítkovaný formulář Vám připraví vedoucí bakalářské  
práce před jejím svázáním.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Korozní poškození a ztráta funkce strojního zařízení**

vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 12. 5. 2016

---

## **Poděkování**

Chtěl bych velice poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Černému, CSc. za jeho drahocenný čas, velikou ochotu a trpělivost, kterou mi věnoval po dobu vedení práce. Dále bych chtěl vyjádřit velké poděkování svým rodičům za podporu po celou dobu mého studia a trpělivost, kterou se mnou museli mít.

## **Abstrakt**

Koroze je nežádoucí děj, doprovázející všechna odvětví využívajících kovů, a proto by každý, kdo se pohybuje v některém v tomto odvětví, by mít alespoň minimální znalosti korozních dějů. Proto je v práci nastíněná podstata koroze. Popsány mechanismy vzniku. Rozebrány jednotlivá korozní prostředí a provedeno jejich dělení. Dále také rozdělení jednotlivých druhů korozního napadení a vhodná protikorozní ochrana před danými druhy korozního napadení. Praktická část je věnována dokumentaci korozní degradaci v praxi, popisu příčiny vzniku a následné řešení problému. Poslední část je věnována poznatkům z textu pro znaleckou praxi.

## **Klíčová slova**

koroze, strojní součásti, opotřebení, technické znalectví

## **Abstract**

Corrosion is an undesirable action that accompanies all industries using metal and, therefore, anyone who works in some of these sectors should have at least minimal knowledge of corrosion processes. That is why the work outlines the essence of corrosion, describes the mechanisms of formation, discusses various corrosive environments and performs their division. It also shows the distribution of various types of corrosion and corrosion protection suitable predetermined types of corrosion. The practical part is devoted to the documentation of corrosion degradation in practice, describes the causes and subsequent solution of the problem. The last section is devoted to the knowledge of the text for expert practice.

## **Keywords**

corrosion, machine components, wear, technical expertise

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Cíle bakalářské práce</b>	<b>11</b>
2.1	Cíle teoretické části práce .....	11
2.2	Cíle praktické části práce.....	11
<b>3</b>	<b>Metodika zpracování</b>	<b>12</b>
3.1	Metodika zpracování teoretické části práce .....	12
3.2	Metodika zpracování praktické části práce.....	12
<b>4</b>	<b>Koroze</b>	<b>13</b>
4.1	Definice koroze .....	13
4.1.1	Korozní predikce.....	14
4.2	Koroze dle vnitřního mechanismu.....	14
4.2.1	Chemická koroze .....	15
4.2.2	Koroze elektrochemická .....	15
4.3	Korozní prostředí .....	17
4.3.1	Atmosféra.....	17
4.3.2	Vodná prostředí.....	19
4.3.2.1	Vody.....	19
4.3.2.2	Půdy.....	20
4.3.2.3	Beton .....	20
4.4	Druhy koroze.....	21
4.4.1	Plošná koroze .....	21
4.4.2	Galvanické a koncentrační články .....	22
4.4.3	Štěrbinová koroze.....	23

---

4.4.4	Nitková koroze.....	24
4.4.5	Bodová koroze .....	25
4.4.6	Mezikrystalová koroze.....	26
4.4.7	Selektivní koroze.....	27
4.4.8	Agresivním prostředím a mechanickým namáháním vyvolané praskání	28
4.4.8.1	Korozní praskání .....	28
4.4.8.2	Korozní únava.....	29
4.4.9	Erozní koroze .....	30
4.4.10	Poškození vodíkem.....	31
<b>5</b>	<b>Korozní poškození v praxi</b>	<b>33</b>
5.1	Skrytá koroze nosných sloupů .....	33
5.2	Korozní degradace výměníku teplovodního okruhu .....	34
5.3	Havárie haly mořírny .....	35
5.4	Galvanický článek příčinou ekologické nehody .....	36
5.5	Koroze příčinou dopravní nehody .....	37
<b>6</b>	<b>Doporučení pro znaleckou praxi</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>42</b>
8.1	Literární zdroje.....	42
8.2	Webové zdroje .....	42
8.3	Elektronické dokumenty .....	44

## Seznam obrázků

Obr. 1	Schéma galvanického článku Zdroj: <a href="http://www.asb-portal.cz">http://www.asb-portal.cz</a>	16
Obr. 2	Korozní potenciál Zdroj: <a href="http://uvp3d.cz">http://uvp3d.cz</a>	17
Obr. 3	Nekorodující sloup v Dillí Zdroj: <a href="http://nevsedni-svet.cz/">http://nevsedni-svet.cz/</a>	18
Obr. 4	Plošná koroze Zdroj: <a href="http://uvp3d.cz">http://uvp3d.cz</a>	22
Obr. 5	Makročlánek (lodní šroub) Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	23
Obr. 6	Štěrbínová koroze pod těsněním Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	24
Obr. 7	Bodová koroze v řezu Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	25
Obr. 8	Mezikrystalová koroze Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	26
Obr. 9	Selektivní koroze Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	27
Obr. 10	Spongióza Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	28
Obr. 11	Praskání mosazných nábojnic Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	29
Obr. 12	Korozní praskání Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	30
Obr. 13	Erozní poškození Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	31
Obr. 14	Vodíkové poškození Zdroj: <a href="http://old.vscht.cz">http://old.vscht.cz</a>	32
Obr. 15	Prokorodované nosné sloupy Zdroj: Vašek, 2011	34
Obr. 16	Důlková koroze spoje Zdroj: Kursová, 2011	35



---

<b>Obr. 17</b>	<b>Příčný řez rekonstruovanou konstrukcí Zdroj: Augustyn, 1988</b>	<b>36</b>
<b>Obr. 18</b>	<b>Schéma šachty; 1- ocelový T-kus; 2 - neizolovaná měděná trubička; 3 - přivedené potrubí; 4 - vyztužené stěny Zdroj: Člupek, 2002</b>	<b>37</b>
<b>Obr. 19</b>	<b>Korozní poškození potrubí - detail Zdroj: Řehák, 2015</b>	<b>38</b>

# 1 ÚVOD

V dnešní době je používáno mnoho kovových konstrukčních materiálů, a to díky svým vlastnostem a širokému spektru použití. Bohužel mají i vlastnosti, které jsou nežádoucí. Jedním z nejvýznamnějších nežádoucích jevů je koroze. Obecně se jedná o interakci kovového materiálu s okolním prostředím, kdy dochází k jeho nevratnému znehodnocování. Proto je na místě důležité, a zodpovědné navrhování konstrukčních a technologických řešení i použití kovů v konstrukčních celcích a strojních součástech. Se spojením s vhodnou protikorozní ochrannou se lze vyvarovat velkým hospodářským škodám, či újmám na lidském zdraví. Také musí být brána v potaz funkční omezenost těchto zdrojů, a zvyšující se agresivita prostředí způsobena zvyšující se průmyslovou činností.

Vzhledem k těmto požadavkům je nutná základní znalost korozního napadení. Znat podstatu tohoto nežádoucího děje. Rozpoznání různého druhu napadení za účelem zjištění příčin znehodnocení. Bohužel třídění druhů koroze není ustálené a lze jej posuzovat z mnoha hledisek. Podle mechanismu vzniku, interakce s prostředím, druhu napadeného materiálu, vzhledu korozního degradace a dalších.

Znalost korozních dějů je důležitá i ve znalecké činnosti. A to zejména v oborech, kde jsou použity převážně kovové materiály. Například při vypracovávání znaleckého posudku na motorové vozidlo nebo při vyšetřování dopravní nehody, kde je vyžadován znalecký posudek. Znalec, který není dostatečně informován o korozních procesech, může špatně posoudit příčinu vzniku poškození součásti, která zapříčinila vznik nehody. Tyto informace poté mohou vést k vypracování zkresleného posudku.

## **2 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Cílem této bakalářské práce je charakterizovat mechanismus vzniku korozního napadení. Zaznamenání prostředí, v nichž může korozní děj probíhat a popis těchto jednotlivých prostředí. Dále uvedení jednotlivých druhů korozního napadení. Popis vzniku korozního napadení a ochranu materiálu před daným druhem korozního napadení. Dalším cílem jeho dokumentace praktických příkladů korozní degradace vedoucí ke ztrátě funkce daného zařízení. Uvedení důvodů vzniku dané události, a stanovení jejich technologického či konstrukčního řešení vedoucího k zabránění opětovné situace. A z těchto poznatků pak vyvodit závěry pro znaleckou praxi.

### **2.1 Cíle teoretické části práce**

- Dokumentace mechanismu vzniku korozního napadení
- Dokumentace korozních prostředí
- Dokumentace korozních druhů napadení a ochrana proti nim

### **2.2 Cíle praktické části práce**

- Zachycení korozní degradace v praxi
- Popis vzniků daných událostí
- Technologické či konstrukční řešení událostí
- Závěry pro znaleckou praxi

## **3 METODIKA ZPRACOVÁNÍ**

Metodika je tvořena z poznatků zjištěných ze zdrojů, které byly využity pro zpracování reálných událostí korozní degradace.

### **3.1 Metodika zpracování teoretické části práce**

Jedná se o kompilační část práce. Pro vytvoření této části práce bylo použito srovnání teoretických poznatků o problematice korozního poškození. Kde hlavními zdroji jsou publikace od autorů Bartoníčka a Nováka.

### **3.2 Metodika zpracování praktické části práce**

Pro vytvoření praktické části bylo použito zachycení reálných událostí korozní degradace a propojení souvislostí se znaleckou praxí. A následné vyřešení uvedených problémů.

## 4 KOROZE

Studium koroze nás doprovází již několik tisíc let. Lidé nacházeli kov nejčastěji v ryzí podobě. Aby mohli kov využívat v širším měřítku, bylo důležité naučit se ho vyrábět z rud. Při této technologii je ovšem potřeba energie, která se musí rudě dodat. To má za následek, že kov se stane nestabilní v prostředí. Snaží se docílit stabilního stavu předáním energie do okolí. To má za následek vytváření korozních produktů.

V posledních letech je koroze velmi diskutovaným tématem a to díky širokému průmyslovému použití. A protože se také jedná i o ekonomický problém. Hlavně z hlediska ochrany před korozí nebo následným náhradám škod způsobených tímto nežádoucím vlivem.

### 4.1 Definice koroze

*„Znehodnocení materiálů způsobené chemickým nebo fyzikálně-chemickým působením prostředí“* (Bartoníček a kol., 1966).

*„Koroze kovů je fyzikálně-chemická interakce kovu a prostředí, vedoucí ke změnám vlastnosti kovu, které mohou vyvolávat významné zhoršení funkce kovu, prostředí nebo technického systému, jehož jsou kov a prostředí složkami“* (Novák, 2008).

Z těchto definic můžeme říci, že korozi nepodléhají jen kovové materiály. Kraus (2012) uvádí, že koroze neboli znehodnocení je různá u různých materiálů, ale ne u všech. Od změny barvy či ztráty lesku, až po úplnou degradaci v celém průřezu, která vede k rozpadu součásti.

Koroze materiálu probíhá samovolně a to vzájemným působením kovu a prostředí. Interakce kovu a prostředí probíhá nepřetržitě. A je důležité součást chránit. Pro ochranu existuje několik základních skupin ochrany, díky kterým je možné účinky koroze snížit. Nikoli ji úplně zabránit.

Do těchto skupin patří:

- Volba materiálu (základní ochrana)
- Úprava korozního prostředí (specializovaná)
- Elektrochemická ochrana (doplňková)
- Povlaky a úprava povrchu (při nedostatečné ochraně volbou materiálu a konstrukčního řešení)
- Konstrukční řešení (nutno vždy zvolit)
- Volba ochrany závisí na mnoha faktorech a nejčastěji se používá vhodná kombinace ochran.

#### **4.1.1 Korozní predikce**

Jak se Novák (2008) zmiňuje, nikdy o korozi nebude dost informací. A to z hlediska složitosti děje. Který ovlivňuje mnoho specifických faktorů. Ty jsou nejčastěji získávané experimentální činností. Bohužel neexistuje univerzální korozní zkouška. Postup korozní zkoušky je vždy výsledkem důvodů vedoucích k provedení zkoušky. Z těchto důvodů se používá korozní monitoring, který nám dovoluje v poměrně krátkém čase získat informace o korozní rychlosti. Následně pak upravit ochranu na požadovanou úroveň. Vedoucí k zabránění a často k nečekanému selhání či poškození objektu.

## **4.2 Koroze dle vnitřního mechanismu**

Vznik korozního děje můžeme rozdělit na korozi chemickou a elektrochemickou. Přičemž většina případů je právě koroze elektrochemickou, kde je nutná přítomnost elektrolytu. U koroze chemické se jedná o přímý kontakt atomů materiálu s atomy prostředí.

### 4.2.1 Chemická koroze

Bartoníček a kol. (1966) popisuje chemickou korozi jako děj, při kterém se nevyskytuje elektrolyt. K chemické reakci dochází nejčastěji v plynném prostředí a to za vyšších teplot. A také v kapalinách elektricky nevodivých.

Základní příčinou tohoto děje je termodynamická nestálost kovů. Kdy kov se snaží přejít do stálějšího stavu zplodin kovu. V tomto případě se nám jedná tedy o tzv. oxidaci kovu. Tento děj nám probíhá na rozhraních kov-oxid-kyslík.

Příklad chemické koroze:

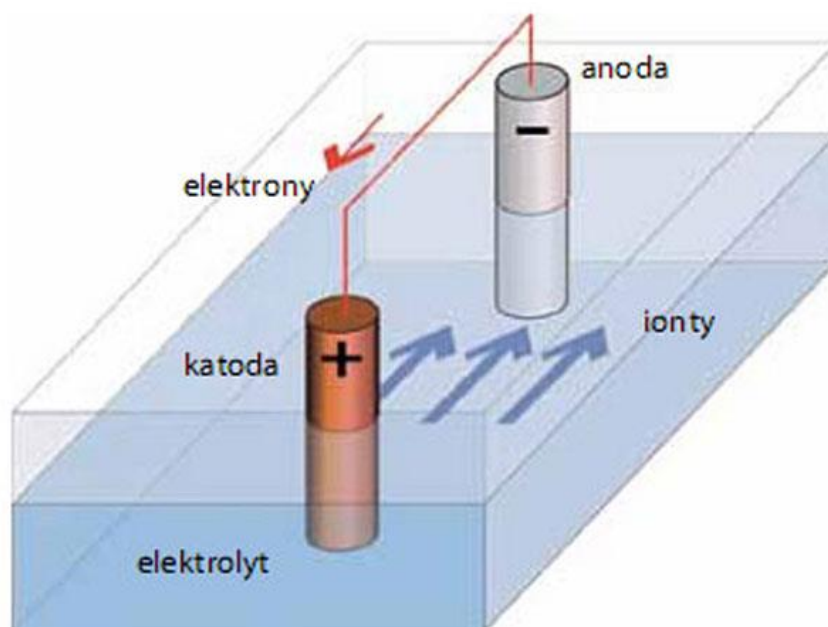
- Vznik okují
- Hydrolýza
- Rozpouštění
- Adsorpční děje

Aby při těchto dějích docházelo k chemické korozi, musí být jednotlivé složky elektricky nevodivé nebo velmi málo vodivé (sklo, organické materiály, sklovité povlaky). Při korozi kovů musí mít prostředí vysokou teplotu nebo musí být prostředí plynně redukující nebo se nacházet v organických prostředích nevodivých.

### 4.2.2 Koroze elektrochemická

Pro elektrochemickou korozi je důležitá přítomnost elektrolytu. A to jak pro vznik, tak i pro průběh koroze. Proto se jedná o korozi zejména v kapalném prostředí. Kde nám kapalina umožňuje volný pohyb iontů a elektronů. Novák (2008) dále uvádí, že tento děj může probíhat na mnohem větší vzdálenost oproti korozi chemické, než jsou pouze dva sousední atomy.

Vzniká korozní člunek, který se může přirovnat k člunku galvanickému (obr. 1).



Obr. 1 Schéma galvanického člunku  
Zdroj: <http://www.asb-portal.cz>

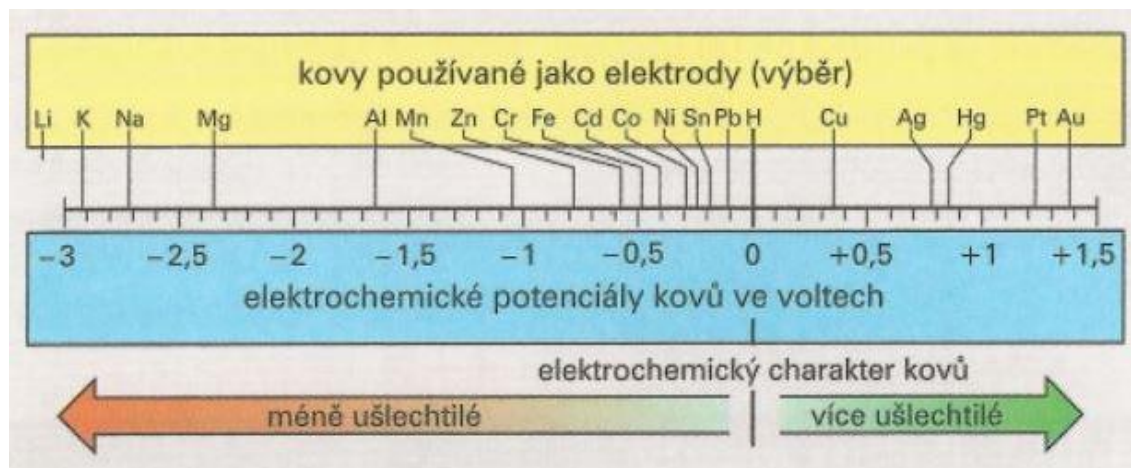
Podle Bartoníčka (1966) je důležité si uvědomit vznik elektrodového napětí mezi elektrodou a elektrolytem. Toto napětí nazýváme elektrodový potenciál. Jedná se o vlastnost, která je závislá na druhu kovu a elektrolytu. Může nám přibližně napovědět, jak bude daný kov náchylný ke korozi.

Pro porovnání je ovšem nutno vycházet z potenciálu standardního. Standardní potenciál je charakteristický pro každý kov. Vypovídá o snaze kovů uvolňovat jeho elektrony a následně přecházet do iontového stavu (oxidovat). Tento potenciál je určen vzhledem k standardní vodíkové elektrodě, která byla stanovena jako smluvní.

Podle tohoto můžeme rozdělovat kovy na ušlechtilé a neušlechtilé. Kovy ušlechtilé mají mnohem menší snahu o uvolňování elektronu než kovy neušlechtilé. Pokud bychom je seřadili do řady, kde za nulu bychom považovali již



zmiňovanou vodíkovou elektrodu, poté by ušlechtilé kovy měli standardní potenciál kladný a neušlechtilé kovy záporný.



Obr. 2 Korozní potenciál

Zdroj: <http://uvp3d.cz>

## 4.3 Korozní prostředí

V této kapitole jsou popsána jednotlivá korozní prostředí. Patří sem atmosféra a vodná prostředí, která se ještě dál dělí.

### 4.3.1 Atmosféra

Koroze v atmosféře je nejrozsáhlejší důsledek všech ztrát způsobených korozi. Je to způsobeno tím, že atmosféře je vystaveno mnoho kovových povrchů (konstrukce staveb, dopravní prostředky apod.). Koroze v atmosféře má podle Nováka (2008) elektrochemický mechanismus vzniku. A to z důvodu zanedbatelnosti interakce suchého vzduchu s kovy. Proto v atmosféře dochází ke korozi jen díky atmosférické vlhkosti. Která při přesáhnutí tzv. nadkritické vlhkosti (relativní vlhkost atmosféry je 60-80 %) vytvoří na kovu dostatečnou vrstvu elektrolytu. Což umožňuje korozní reakci. Pokud je vlhkost pod kritickou vlhkostí koroze stále probíhá, ale pro technické aplikace je zanedbatelná.

Nejdestruktivnější elektrolyt se vytváří při mlze. Jeho agresivitu ovlivňuje přítomnost různých látek. Nejdůležitějším podpůrcem je oxid siřičitý. Ten je oxidován dalšími složkami na sírany, které se podílejí na rozpouštění kovů.

Dalšími stimulatory atmosférické koroze jsou obsahy dílčích složek. Prach usnadňující kondenzaci. Částice solí mohou mít zvyšující erozní účinky. Částice, jež mohou být vodivé a fungovat jako elektroda, urychlují napadení vznikem galvanického článku. Například čpavek v interakci s mosazí působí jeho praskání.

Vzácným případem odolnosti proti korozi je sloup v Dillí. Jeho povrch sice pokrývají korozní produkty, ale jinak je korozní rychlost zanedbatelná. To je způsobeno příznivými podmínkami atmosféry v daném místě. Ta není příznivá pro jeho dlouhodobou korozi. A to i díky nízkému počtu srážek během roku.



Obr. 3 Nekorodující sloup v Dillí  
Zdroj: <http://nevsedni-svet.cz/>

## 4.3.2 Vodná prostředí

V této kapitole jsou rozděleny vodná prostředí do 3 různých skupin a to na vody, půdy a beton.

### 4.3.2.1 Vody

Voda ve smyslu korozního prostředí není myšlena jen voda chemicky čistá. Novák (2008) se zaměřuje především na slabě koncentrované vodné roztoky, které obsahují látky získané při koloběhu vody v přírodě a průmyslu.

Vody přírodní lze rozdělit:

- Sladké
- Mořské
- Minerální

Pokud zcela chemicky čistá voda bez kyslíku působí na kovový povrch, dochází k zanedbatelné korozi. Stimulátory koroze ve vodním prostředí jsou příměsi, které voda v přírodě nebo v průmyslu obsahuje.

Agresivitu vody ovlivňuje obsah kyslíku. Obsah solí, organických látek, pevných částic, dále pak teplotou, rychlostí proudění vody, a také hodnotou pH.

Nejdůležitějším plynem ve vodě je kyslík. Jeho přítomnost může korozi podporovat nebo jí omezovat. Pokud jeho obsah ve vodě je dostatečný, dochází k vytváření ochranných vrstev. Důležitá je i rovnoměrnost přístupu kyslíku k povrchu. A to z důvodu zabránění vzniku článků s rozdílem aerací. Jejím následkem je lokální napadení.

Dalšími kritérii při korozi oceli je hodnota pH, výskyt mikroorganismů, vliv teploty, přítomnost chloridů. Nesmíme zapomenout také na různé vlivy lokality na expozici kovu a vody.

#### 4.3.2.2 Půdy

Bartoníček a kol. (1966) popisuje půdu jako 3 různé fáze. A to fázi plynnou, kapalnou a tuhou.

Plynná fáze je tvořena půdní atmosférou. Ta se liší od normální atmosféry složením. Je chudší o kyslík, ale bohatší o dusík a kysličník uhličitý. Plynná fáze se na korozi nepodílí v takovém rozsahu, aby byla brána ve větší potaz.

Důležitou korozní fází je fáze kapalná. Ta půdě dává její elektrickou vodivost. I když se voda v půdě vyskytuje spíše ve formě vlhkosti na stěnách dutin a pórů. Agresivitu půdy udává její obsah vlhkosti. Ovšem k maximální agresivitě nedochází při maximální vlhkosti půdy, ale v tom případě, kdy je ideální poměr mezi vlhkostí a provzdušněním. V tomto případě je dosaženo ideálního poměru urychlení koroze vlhkostí a jejím zpomalujícím vlivem (naplnění pórů vodou a následné zabránění proniknutí kyslíku). Dalšími hledisky ovlivňující půdní korozi je kyselost půdy. Složení půdního elektrolytu a rozbor agresivity spodních vod.

Tuhá fáze slouží jako zdroj látek, jež se rozpouští v kapalině a tím nám ovlivňuje korozní děj. Také je důležité sledovat zrnitost a vázanost půdy. V půdě se nachází i mikroorganismy. Ty nám mohou také korozní děj ovlivňovat.

#### 4.3.2.3 Beton

Složení čerstvého betonu pasivuje kov, který je v něm obsažen. Nedochází k jeho degradaci. Rozhodujícím faktorem korozi v betonech je pronikání oxidu uhličitého do betonu, jak popsal Novák (2008), který snižuje hodnotu pH, to zapříčiní aktivaci kovu a jeho následnou korozi. Tomu lze zabránit použitím ochranných nátěrů na povrch betonu.

## 4.4 Druhy koroze

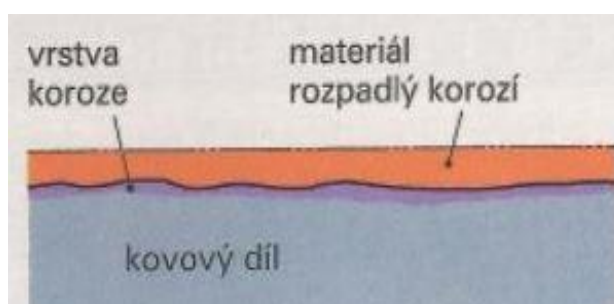
Odlišná interakce kovu s prostředím zapříčiňuje odlišnou rychlost koroze i mechanismu napadení. Vzhledem k tomu lze korozi rozdělovat i z mnoha dalších hledisek. Zde je použito rozdělení podle:

- Rovnoměrná
  - Plošná
- Nerovnoměrná
  - Galvanické a koncentrační články
  - Štěrbinová
  - Nitková
  - Bodová
  - Mezikrystalová
  - Transkrystalová
  - Selektivní
  - Prostředím vyvolané praskání
  - Korozní praskání
  - Korozní únava
  - Erozní a kavitace
  - Poškození vodíkem
    - Vodíková nemoc
    - Sezonní praskání
    - Křehkost
    - Vodíková koroze

### 4.4.1 Plošná koroze

*„Při styku kovu s korozním prostředím začíná probíhat korozní děj nejprve na zvláště aktivních místech. Aktivita těchto míst je určena korozními podmínkami, přičemž počet míst na povrchu kovu je závislý na reaktivitě kovu a prostředí za*

daných podmínek. Při velké vzájemné reaktivitě obou složek systému a většinou při vzniku rozpustných korozních produktů, které dovolují dokonalý přístup prostředí k povrchu, je počet aktivních míst značný, takže povrch kovu rovnoměrně napadán. Po odstranění jednoho místa z povrchu se objevuje jiné, takže při střídání aktivních a neaktivních míst dochází k rovnoměrnému napadení. Rovnoměrně jsou napadány kovy i v těch případech, kdy je celá korodovaná plocha pokryta korozními zplodinami, jestliže vznikající zplodiny umožňují stejnou difúzi iontů po celém rozhraní“ (Bartoníček a kol., 1966).



Obr. 4 Plošná koroze  
Zdroj: <http://uvp3d.cz>

#### 4.4.2 Galvanické a koncentrační články

Novák (2008) popisuje, že ve spojení dvou kovů s různou ušlechtilostí dochází k vytvoření makročlánku. Ten způsobuje zvýšení korozní účinnosti na povrchu kovů. Dalšími příčinami vyvolávající makročlánek mohou být již zmiňovaná různorodost stýkajících se materiálů nebo složení prostředí.

Urychlení koroze je závislé na mnoha faktorech. Nezáleží jen na rozdílu korozních potenciálů, ale i na vodivosti elektrolytu, geometrickém uspořádání a poměru spojených ploch.

Důležitý je poměr anodického a katodického kovu. Pokud je spojena malá anoda a velká katoda je koroze značně zesílena. Pokud tomu je naopak, zrychlení koroze je zanedbatelné. Tato činnost článku se dá také využít při proti korozní ochraně, kdy je anoda obětovaná ve prospěch katody.

Ochrana kovových materiálů před účinky makročlánku je založena na vhodném výběru spojovaných materiálů. Tím způsobem, že kovy budou mít velmi podobný korozní potenciál. V případě použití ochranného nátěru jej aplikovat na katodu. Z důvodu vznikání vad nátěru v průběhu času (vznik malé katody). Při aplikaci na anodu by vznikla malá anoda (následkem by byla velká korozní rychlost) a velká katoda.



Obr. 5 Makročlánek (lodní šroub)  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

### 4.4.3 Štěrbinová koroze

Vznik štěrbinové koroze je lokalizovaný děj, který vzniká mezi povrchem kovovým a jiným povrchem (nekovovým nebo kovovým). Ústí štěrbin tohoto druhu napadení bývá velmi malé. Uvnitř štěrbin je elektrolyt, který má omezenou konvekci s okolním prostředím což omezuje difúzi.

Štěrbinová koroze má několik fází, které popsal Novák (2008). Začíná velmi rychlým zbavením elektrolytu kyslíku. Po vyčerpání veškerého kyslíku z elektrolytu, začíná redukce kyslíku na vnějším povrchu. To zapříčiní migraci iontů. Ty zvýší agresivitu elektrolytu, která po čase dosáhne kritické hodnoty a dojde k aktivaci kovu. V poslední fázi je štěrbina aktivně koroduje ve prospěch ústí

štěrbiny. Tyto fáze probíhají v řádu měsíců a proto má štěrbinová koroze velmi dlouho inkubační dobu.

Ochrana je závislá hlavně na konstrukčních úpravách omezujících vznik štěrbin, nespojitých svarů, spojů, úsad. Také jí lze vyloučit stykem povrchu kovu s nasákavými povrchy. Ovšem při spojení dvou kovů dochází ke vzniku štěrbin jen v důsledku jejich povrchové drsnosti. To lze vyřešit vhodnou volbou materiálu.



Obr. 6 Štěrbínová koroze pod těsněním  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.4 Nítková koroze

K tomuto druhu napadení dochází nejvíce pod ochrannými povlaky. Neproniká do hloubky pod povrch, ale šíří se na rozhraní. Pod povlak se dostane ojedinělým pórem v povlaku. Vzhledem k malé ploše dochází k minimálnímu přístupu korozního prostředí a k malému vytváření korozních produktů. Tudíž dochází k oddělování povlaku od povrchu. To se děje v místech nejmenší soudržnosti. Pokud je přístup korozního prostředí značný, vzniká větší množství korozních produktů, které způsobí puchýřky v povlaku a při následném zatížení dojde k jejich popraskání (Bartoníček a kol., 1966).

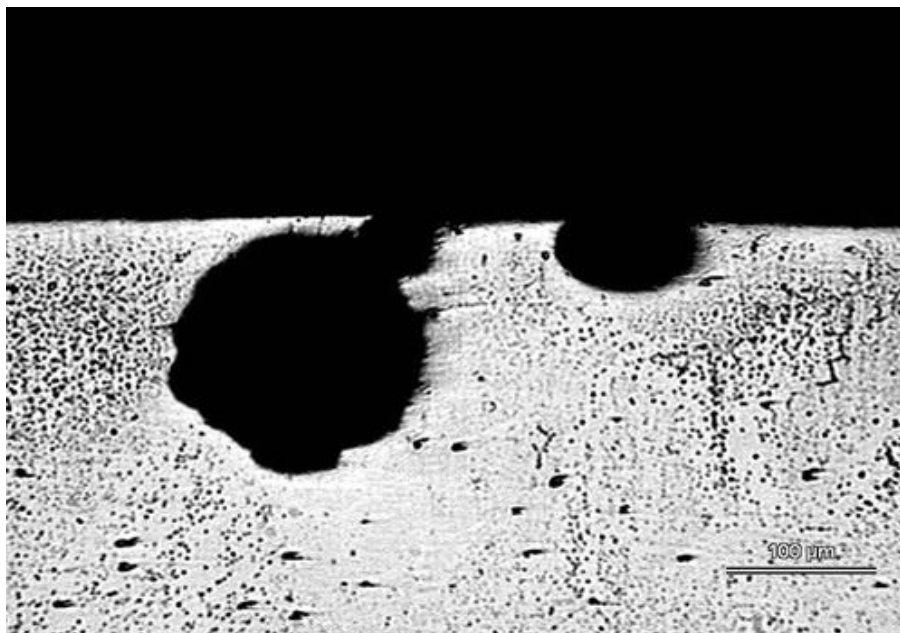


#### 4.4.5 Bodová koroze

Jedná se o lokalizované napadení povrchu. Tento děj Novák (2008) popsal jako vznik hlubokých důlků na kovovém povrchu, který vzniká na hliníku, železe, mědi, ale i na korozi-vzdorných ocelích.

Fluktuace podmínek na povrchu mezi jednotlivými ionty zajišťuje vznik a zánik důlků. Ovšem pokud vznikne stabilní důlek, který je závislý na tzv. průrazovém potenciálu (charakterizující nejvyšší potenciál pro vznik stabilních důlků). Pak proces vzniku koroze je analogicky k procesu koroze štěrbinové, kdy je důlek obětován ve prospěch okolního povrchu.

Ochrana kovu před bodovou korozí spočívá ve správné volbě materiálu. Popřípadě kov lze legovat molybdenem vedoucí ke zvýšení odolnosti vůči korozi-vnímu procesu. Také drsnost povrchu je rozhodující na vliv vzniku korozi-vního procesu. Další možností je úprava korozi-vního prostředí, a to snížením teploty, oxidační schopnosti nebo také zvýšením proudění prostředí.



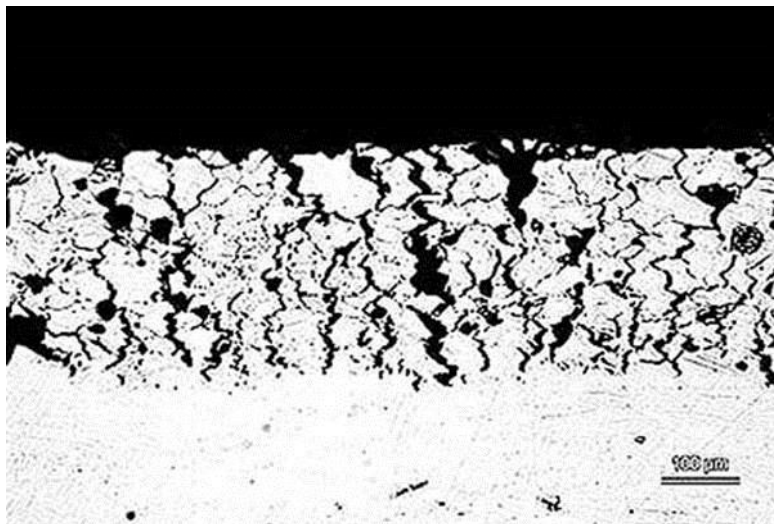
Obr. 7 Bodová koroze v řezu  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.6 Mezikrystalová koroze

Mezikrystalová koroze je podle Nováka (2008) jeden z nejvýznamnějšího vlivu strukturních změn na korozní odolnost kovu. Příčina vzniku napadení je značná nehomogenita kovu, ať už v jeho struktuře nebo na hranicích zrn. Značnou nevýhodou je vysoká ztráta mechanické pevnosti bez pozorovatelné změny povrchu součásti.

Vzniká u kovů, které jsou vystaveny teplotě 450 – 850 °C. A to zejména u korozivzdorných ocelí. Tato nehomogenita vzniklá druhem tepelného zpracování (svařování, ...) je vratná. Použitím rozpouštěcího žíhání v okolí při teplotě 1050 °C a následným rychlým ochlazením.

Zabránit mezikrystalové korozi lze použitím stabilizovaných ocelí. Jako stabilizátor se používá titan. Jeho množství se přidává vzhledem k množství uhlíku. Ovšem použití této oceli přináší mnoho nevýhod. Nelze ji použít v silnějších oxidačních prostředích. Pokud je ocel svařovaná, dochází k precipitaci titanu, to vede k zcitlivění stabilizované oceli. Vzhledem k použití ocelí není nutný vysoký obsah uhlíku. Proto nejlepší ochranou je snížení obsahu uhlíku.



Obr. 8 Mezikrystalová koroze  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.7 Selektivní koroze

Hrstka (1973) popisuje selektivní koroze jako napadání jedné fáze u slitiny obsahující dvě a více fází. Selektivní koroze má více podob napadení. Od napadení projevujícího se na povrchu bodově přes podpovrchové napadení vrstev, až po přechodové napadení vedoucí k mezikrystalické korozi.

Vznik je způsoben rozlišným chemickým složením fází. To má v důsledku i rozdílnou korozní odolnost. Dalším způsobem vzniku je plastická deformace v oblasti zrn. Také fáze vzniklé segregací podléhají selektivní korozi.



Obr. 9 Selektivní koroze  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

Jako zvláštní případ selektivní koroze uvádí Novák (2008) spogniózu. Jedná se o selektivní korozi šedé litiny. Dochází k ní pod vrstvou korozních produktů ve vodách i půdách. Vyloučený grafit ve formě lupínků s porovnáním k železu je velmi ušlechtilý. To vede v příhodných podmínkách ke vzniku galvanického článku a následné korozi železné matrice. Ta se celá přemění na korozní produkty a má jen

minimální pevnost. Zabránit této degradaci materiálu můžeme pomocí litiny s jiným typem vyloučeného grafitu.



Obr. 10 Spongióza  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### **4.4.8 Agresivním prostředím a mechanickým namáháním vyvolané praskání**

Jedná se o mechanické poškození. Dochází k lomu pod mezí kluzu. Tento druh degradace materiálu je významný, jak napsal Novák (2008) dochází k náhlému selhání kovového materiálu. A to bez předešlého výraznějšího korozního poškození. Druh praskání vyvolaný prostředím má vždy stejný výsledek. Ovšem příčiny vzniku jsou různé.

##### **4.4.8.1 Korozní praskání**

Podle Nováka (2008) dochází ke koroznímu praskání při působení statického tahového napětí (SCC). Namáhání působí na kovový materiál ve specifickém prostředí za specifických teplot a koncentrací. Šíření probíhá po hranicích zrn nebo napříč zrna.

Vznik korozního praskání je spojený s nedokonalostí povrchu, kde od trhliny v povrchu, která slouží jako koncentrátor napětí, se pak šíří trhlinky dále do materiálu. Často není nutné k poškození ani vnější namáhání stačí pouze vnitřní pnutí materiálu. Vyvolané například špatným způsobem tváření či vytvoření svarových spojů. Trhliny se šíří především kolmo k působení takové síly.

Příkladem je tzv. sezonní praskání mosazi. To bylo popsáno již v období napoleonských válek. Kdy docházelo k znehodnocování vojenské munice. Ta v kontaktu v prostředí v období monzunů praskala v místě zalisování projektilu. Příčinou bylo velké vnitřní pnutí v kombinaci s uvolňujícími se organickými zbytky (koňské stáje=čpavek).

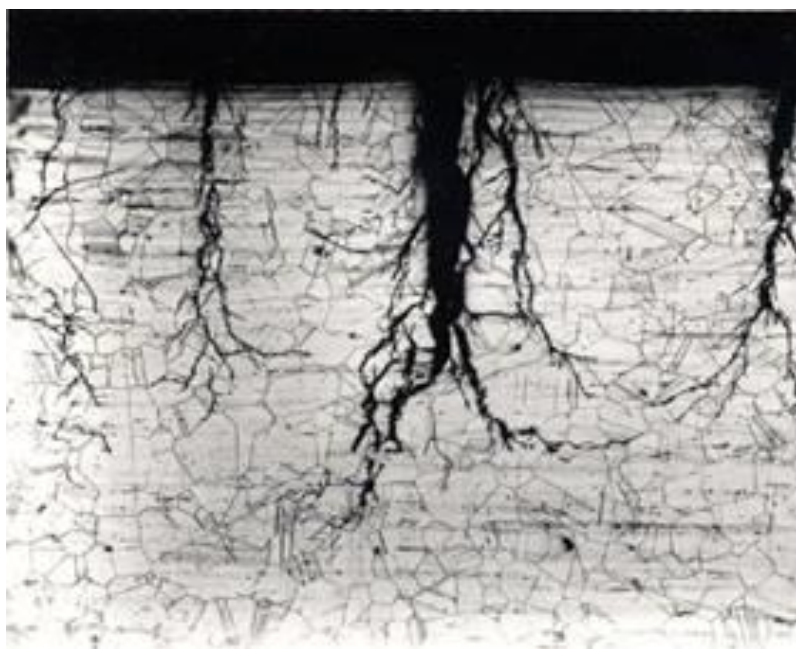


Obr. 11 Praskání mosazných nábojnic  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.8.2 Korozní únava

Korozní únava je přímo spojena s cyklickým namáháním. Již při samotném cyklickém namáhání dochází k porušení celistvosti materiálu a to za hranici meze únavy (opakovaná změna napětí, kterou materiál teoreticky vydrží po nekonečný počet cyklů). V interakci agresivního prostředí a kovu neexistuje mez únavy. Rozhodujícím faktorem je frekvence zatěžování kovu. Při nižší frekvenci je trhlina

delší, více se projevu korozní napadení (nizkocyklová únava - FSC). Dále popisuje Novák (2008), že při vyšší frekvenci se zase více uplatní mechanická složka poškození. Šíření praskliny probíhá stejně jako u korozního praskání. A to z nehomogenit povrchu.



Obr. 12 Korozní praskání  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.9 Erozní koroze

Kombinace prostředí a čistě mechanického opotřebení (abrazivní, adhezivní, erozní, apod.) má nejvýznamnější postavení erozní koroze. Při které jak uvádí Novák (2008) stykem proudící kapaliny či plynu často dochází k mechanickému poškození povrchu. Pokud médium obsahuje ještě částic je toto poškození značně zvětšeno. Také typ proudění zvyšuje korozní napadení. Proto se snažíme, aby proudění bylo laminární nikoliv turbulentní. Také rychlost proudění rozhoduje o intenzitě korozní rychlosti.

V souvislosti s erozní korozi se také uvádí koroze vibrační. Ta se nachází u kovů, jejichž plochy se stýkají a pohybují se po sobě s velmi malou amplitudou. Zde



dochází k odstranění oxidové vrstvy (pasivační), která má za úkol bránit přístupu vzduchu. V její absenci však dochází ke kontaktu čistého kovu a kyslíku, důsledkem je úbytek materiálu.



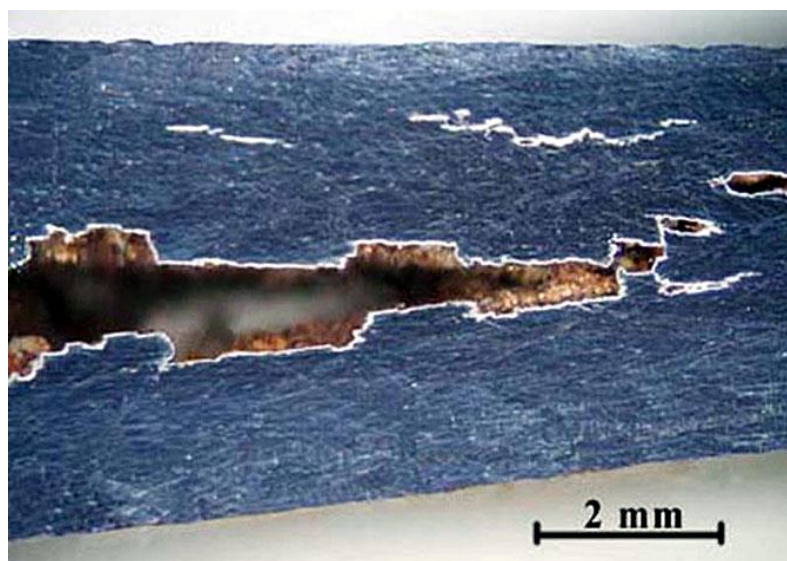
Obr. 13 Erozní poškození  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>

#### 4.4.10 Poškození vodíkem

Poškození vodíku můžeme rozdělit na vodíkovou nemoc (nejčastěji vyskytující se u mědi), křehnutí za nízkých teplot, oduhličení za vysokých teplot a vodíkovou korozi. Vodíková nemoc vzniká při žhání mědi nad 400 °C, kdy dochází k difuzi atomů vodíku do mědi. Následkem jsou trhliny na rozhraních krystalů a vlivem dalšího zpracování vznikají hrubé praskliny. Křehnutí za nízkých teplot je způsobeno přítomností vodíku z výroby, a to tepelným zpracováním. Při chladnutí výrobku dojde k uvolnění plynného vodíku z důvodu klesající teploty a dále k následnému zvýšení tlaku a popraskání materiálu. Vodík při teplotách nad 550 °C rozkládá  $\text{Fe}_3\text{C}$  to způsobuje vznik metanu, který nedovede difundovat z materiálu. Ukládá se v dutinách, kde zvyšuje tlak vedoucí k vytvoření puchýřů a trhlín. Tento jev nazýváme oduhličením za vysokých teplot. Vodíková koroze je velmi podobná

oduhličení za vysokých teplot. Rozdíl je pouze v chemické reakci. Při vodíkové korozi atomy vodíku reagují s atomy uhlíku. Při oduhličení jak je již zmíněno reaguje s  $\text{Fe}_3\text{C}$ .

Obecně lze říci, že atomární vodík vytvářený při katodické reakci na povrchu kovu. Proniká do mřížky kovu a vytváří poruchy kompaktnosti struktury. To vede k vytvoření vodíkového puchýře (velké vnitřní pnutí až ve stovkách MPa). Vodík se kumuluje v místech, které jsou označovány jako „vodíkové pasti“. Jedná se o poruchy v materiálu (dislokace, vměstky, dutiny, trhliny apod.). Tento negativní účinek podle Nováka (2008) nelze považovat za typický korozní proces. K degradaci dochází čistě mechanicky. Vznik atomárního vodíku je zapříčiněný chemickou reakcí. Ovšem vodíkové poškození je významným dějem v průmyslu.



Obr. 14 Vodíkové poškození  
Zdroj: <http://old.vscht.cz>



## 5 KOROZNÍ POŠKOZENÍ V PRAXI

Kapitola je věnována dokumentaci korozní degradaci v praktickém životě. Jsou zde zachyceny korozní poškození ocelových konstrukcí budov a hal. Dále také poškození potrubních sítí, ať již v sektoru veřejném či soukromém. Korozní poškození na brzdovém systému automobilu, které mělo za následek nehodu vozidla.

### 5.1 Skrytá koroze nosných sloupů

Při plánované rekonstrukci výškové budovy po třiceti letech postavené v období 1965 - 1966 bylo naplánováno zjištění možného zvýšení zátěže stropních konstrukcí. Při vybudování byla použita metoda FEAL (spřážená konstrukce, kde žebra desky jsou tvořeny obetonovanými I profily). K přihlídnutí na velikost zvýšení zátěže byla provedena zevrubná prohlídka objektu.

Vašek (2011) zjistil, že při prohlídce mají nátěry nosných sloupů rozdílné tloušťky. Při následném odstranění nátěru bylo zjištěno značné prokorodování stěn sloupů do výšky zhruba 200 milimetrů. Jeden z rohových sloupů byl zkorodován od střechy až k podlaze a to z důvodu netěsného spoje dešťového svodu (přívod kontaminované dešťové vody).

Vašek (2011) analyzoval více hledisek koroze. Jedním hlediskem byla špatná údržba nátěrů. Rovněž byla nevyhovující i práce spojené s instalací odpadů. Hlavní příčinou byla unikající voda z klimatizační jednotky, která pravidelně zatápěla suterén, ve kterém se nacházely sloupy. Také je zde velký předpoklad, že koroze byla urychlena bludnými proudy.

Jen odbornou prohlídkou nedošlo k havárii budovy, která by jistě vedla ke značným škodám. A to nejen materiálovým, ale s největší pravděpodobností i na lidských životech.



Obr. 15 Prokorodované nosné sloupy  
Zdroj: Vašek, 2011

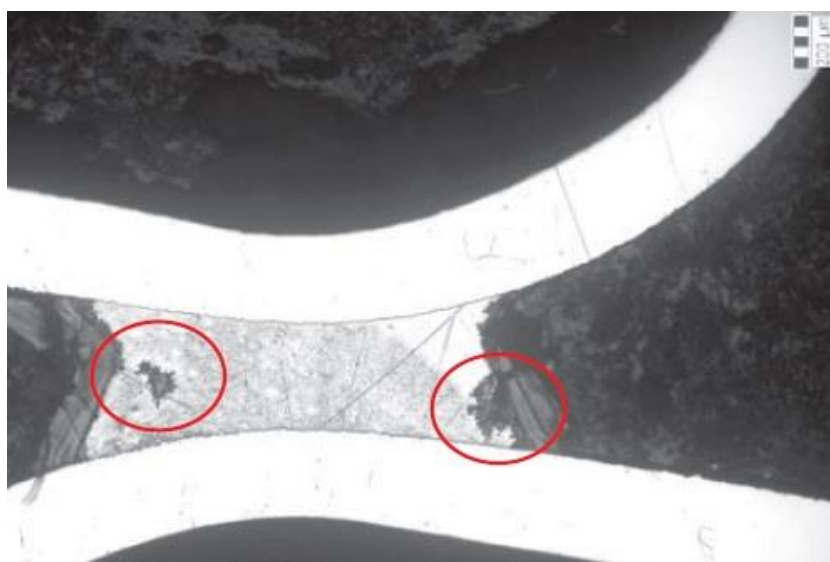
## 5.2 Korozní degradace výměníku teplovodního okruhu

Předmětem poruchy byl pájený výměník teplovodního okruhu, který se nacházel v teplárně. Jeho životnost byla na hranici záruční doby. Bylo zjištěno mísení teplonosných medií. Vzhledem k provozním podmínkám byl primárně proveden rozbor teplonosných medií, při kterém nebyly zjištěny žádné hodnoty, které by se odchylovaly od hodnot doporučených. V místě průsaku byly z výměníku odebrány vzorky a následně podrobeny metalografickému šetření. Bylo zjištěno, že výměník je pájený mědí.

Kursová (2011) zjistila, že problematickou oblastí jsou právě místa spojení, kde u odebraných vzorků se na povrchu objevovaly známky korozního napadení. Také byla zjištěna koroze důlková a v několika místech také došlo k narušení integrity spoje. Desky výměníku z korozivzdorné oceli byly napadeny

mezikystalovou korozi do hloubky jen cca třiceti mikronů, a to z důvodu tvoření agresivních úsad.

Rozhodujícím faktorem degradace pájených spojů tedy byla kvalita vody, která vzhledem k nevhodnému způsobu dezoxidace a špatnému chemickému složení pájky působila agresivněji než při původním předpokladu. Měď, která je za normálních podmínek stálá a nepodléhá značné korozi, v kombinaci se zvýšenou teplotou vody nakonec korozně degradovala. Řešením této situace je použití účinnějšího způsobu dezoxidace vody, nebo použití odolnější pájky při spojování (selektivní koroze pájeného spoje).

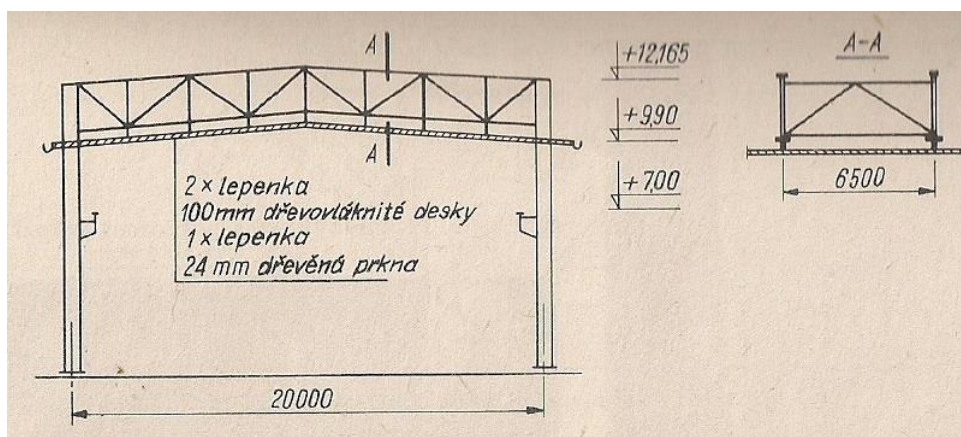


Obr. 16 Důlková koroze spoje  
Zdroj: Kursová, 2011

### 5.3 Havárie haly mořírny

V zimních měsících došlo nečekaně k havárii převážné části haly mořírny. Augustyn (1988) popsal halu jako jednolodní s rozpětím 20 m. Její součástí byla jeřábová dráha, která zabránila celkovému zřícení. Hala měla ocelovou nosnou konstrukci. Důsledek zřícení haly bylo značné oslabení průřezu prutů vazníku. To bylo zapříčiněno výparý z mořících van a nevhodným uspořádáním průřezů, které zamezovaly udržování protikorozního nátěru.

Při obnovování haly bylo použito jiného konstrukčního řešení, aby se předešlo další podobné havárii. Střešní konstrukce byla umístěna nad střešní pláštěm. Samotný plášť byl vyroben dle nového konstrukčního návrhu (obr. 15).



Obr. 17 Příčný řez rekonstruovanou konstrukcí  
Zdroj: Augustyn, 1988

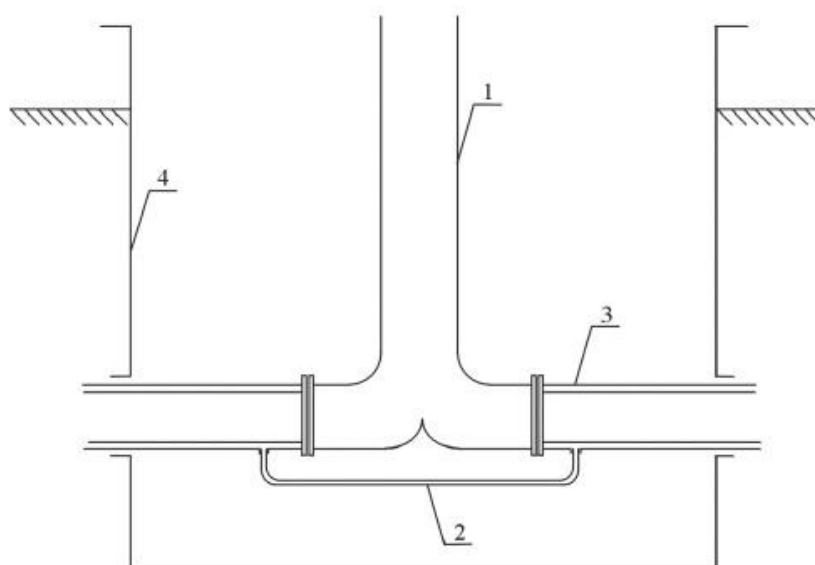
#### 5.4 Galvanický článek příčinou ekologické nehody

Korozním poškozením potrubí čerpací stanice došlo ke znečištění podpovrchových vod. Šetření nehody začalo prohlídkou jednotlivých součástí potrubí. Jak je vidět na schématu (obr. 16), potrubí je uloženo v šachtě, její stěny jsou z plechu a vyztuženy úhelníky. Člupek (2002) analyzuje potrubí uložené v šachtě, na jehož koncích se nachází ocelové příruby s tím, že potrubí je pokryto plastovou PE-izolací až k přírubám. Pláště potrubí jsou spojeny neizolovanou měděnou trubkou, která slouží k rozvodu dusíku. Mezi příruby je vložen ocelový T-kus sloužící k přívodu pohonných hmot k čerpacímu stojanu. Tento kus není také nijak izolován. Šachta byla zasypana, aby se vyloučilo hromadění spalin. Vrchní vrstvu asi do hloubky pěti centimetrů tvořil podle slov provozovatele slévárenský písek.

Korozně byl napadený ocelový mezikus v místě ohybu a to nerovnoměrnou důlkovou korozi. Také šrouby, spojující příruby, nesly stopy korozního napadení. Šrouby byly poškozeny důlkovou korozi. Vzhled koroze odpovídal napadení

bludnými proudy, nebo galvanickou korozí. Proto bylo provedeno měření bludných proudů v okolí. Z výsledku měření bylo prokázáno, že bludné proudy jsou nevýznamné i vzhledem k blízko se nacházející trati Českých drah. Ovšem vzorky odebrané ze zásypu ukázali značné zvýšení agresivity prostředí vzhledem k oceli (zapříčiněnou vlhkostí).

Ve výsledku se tedy tento zásyp ukázal jako kontraproduktivní. Vedl ke spojení ocelové části s měděnou a vzniku galvanického článku. Možným opatřením je použití protikorozních nátěrů s dlouhou životností nebo ochrany obětovanou katodou.



Obr. 18 Schéma šachty; 1- ocelový T-kus; 2 - neizolovaná měděná trubička; 3 - přivedené potrubí; 4 - vyztužené stěny  
Zdroj: Člupek, 2002

## 5.5 Koroze příčinou dopravní nehody

Korozní poškození brzdového systému vedlo k dopravní nehodě. Řehák, Drahotský (2015) popsali průběh nehody. Řidič staršího vozidla při průjezdu levotočivou zatáčkou nepřizpůsobil rychlost jejímu poloměru a následně sjel z komunikace do přilehlého příkopu. Došlo k rotaci vozidla a nárazu do stromu, který bohužel řidič nepřežil.

Již při prvotním ohledání znalcem bylo jasné, že příčinou nehody je poškození brzdového systému. Následným šetřením byla zjištěna významná korozní degradace brzdového potrubí, a to po celé délce. Místy došlo k úplné destrukci brzdového potrubí. V jednom z případů je nutno připustit poškození vlivem deformace karosérie. Ve dvou zbylých bylo korozní napadení v takové míře, že docházelo k úniku brzdové kapaliny již před nehodou. K dalšímu detailnímu šetření bylo nutné potrubí demontovat. Poté proběhla tlaková zkouška těsnosti. Byly zjištěny další už známé úniky kapaliny.

Tato nehoda byla zaviněna zanedbanou údržbou vozidla, přímo brzdového systému. Nutno podotknout, že vůz absolvoval periodickou kontrolu technického stavu sedm měsíců před nehodou a to bez závažných závad!



Obr. 19 Korozní poškození potrubí - detail  
Zdroj: Řehák, 2015

## 6 DOPORUČENÍ PRO ZNALECKOU PRAXI

Z výše uvedených poznatků lze usoudit, že korozní procesy jsou velmi rozsáhle a složité. Je důležité, aby lidé, kteří navrhují konstrukce či strojní součásti sbírali informace i v tomto odvětví. Předcházeli tak nehodám, které by mohly způsobit velké hospodářské škody nebo dokonce ohrozit zdraví lidí. Důležité je rovněž správné provádění navrhnuté protikorozní ochrany. V tomto aspektu je rozhodující lidský faktor. Při neodborném nebo úmyslně zanedbaném provedení protikorozní ochrany pak ztrácí jakýkoliv návrh smysl.

Vzhledem k diletantství ve výrobní populaci je mnoho nehod, které se stanou ať již v dopravě, ve stavebnictví či v jiných oborech, většinou přisouzeny lidskému faktoru. A proto se znalci dostávají k poškozeným věcem až s jistým časovým odstupem, kdy již není možné posoudit, jak k dané situaci došlo a v jakém důsledku (posouzení nátěrových systémů a jejich správná aplikace). Vhodné by bylo poškozené součásti konzervovat, aby mohla být v případě nejasností provedeno jejich analýza (i tak bývá mnohdy velmi náročná a nákladná). Například nehoda vozidla zapříčiněna korozní degradací brzdového kotouče vedoucí k jeho roztržení a následné nehodě. Laik, jenž nemá dostatečné povědomí o korozních dějích, toto poškození posoudí jako důsledek nehody a neoznačí ho za jeho příčinu (viz kap. 5.5).



## 7 ZÁVĚR

Jedním ze směrů rozvoje hospodářství je zvyšování provozní spolehlivosti, využitelnosti, životnosti a nároků na údržbu strojních výrobků vystavených interakci s prostředím, které jsou řešeny pomocí povrchových úprav. Dbáme na tři základní kritéria, kterými jsou technická, technicko-ekonomická a ekologická. Můžeme konstatovat, že tyto cíle splývají s cíli strojírenské výroby. Kde je snaha o eliminaci a využitelnost odpadů snižující ekologický dopad. S tím spojená ekonomická stránka výroby. V neposlední řadě zachování technických parametrů výrobků. Které jsou následně vystaveny interakci s různými prostředími, kde dochází k jejich degradaci. Pokud je nutno degradovanou součást vyměnit za novou ztráta koroze činí jen 1 – 5 % z její hodnoty. Není tedy rozhodující množství korozních produktů, ale ztráta schopnosti plnit svoji funkci a v mnoha případech ztráta funkce jedné součástky má za následek ztrátu funkčnosti celého zařízení (chemické výroby, dopravní prostředky, ...). Což vede k značné ekonomické ztrátě.

V předkládané bakalářské práci Radima Fouska korozní poškození a ztráta funkce strojního zařízení je v úvodní části rozebrána teorie korozní degradace. Její vznik, různá prostředí, ve kterých probíhá koroze a také rozdělení jednotlivých druhů koroze tvoří kompilační část práce.

Znalost základního mechanismu vzniku koroze je důležitá pro technické znalectví. Rovněž znalost prostředí, ve kterých koroze probíhá, a to nejen při navrhování konstrukcí hal, mostů a dalších konstrukčních a strojních prvků, kde základní znalost korozního procesu je důležitá z hlediska ekonomického, ale také z hlediska bezpečnostního. Z hlediska bezpečnosti především v situacích, kdy by mohlo dojít k náhlému selhání důležitých konstrukčních prvků, které by mohli vést k selhání celé konstrukce. Následně pak ohrozit lidi v jejich bezpečnosti či dokonce na životě. S tím se pojí také hledisko ekonomické, kde při selhání konstrukcí je nákladné. Do ekonomického hlediska patří i dílčí provoz konstrukcí či strojních



---

součástí, kde je ale důležité vhodným konstrukčním řešením minimalizovat náklady na protikorozní ochranu.

Další důležitou znalostí je rozpoznání druhu koroze. Pokud již dojde ke koroznímu ději, je nutné rozpoznat, o jaký druh napadení se jedná. Co může být jeho příčinou, kterou pak lze efektivně odstranit.

V další části jsou zachyceny praktické příklady korozního napadení, které mělo za následek ztrátu funkce daného zařízení. V textu jsou uvedeny důvody vzniku korozního napadení. A také uvedeno řešení situací, aby nedocházelo k jejich opětovnému nevhodnému použití. Poslední část je věnována doporučením pro znaleckou praxi.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### 8.1 Literární zdroje

AUGUSTYN, Jan a Eugeniusz ŚLEDZIEWSKI. *Havárie ocelových konstrukcí*. 1. vyd.

Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988.

BARTONÍČEK, Robert, et al. *Koroze a protikorozní ochrana kovů*. 1. vyd. Praha:

Academia, 1966.

HRSTKA, Jan a Bohumil MÍŠEK. *Koroze a povrchová úprava kovů*. Brno, 1973.

Učební texty vysokých škol. VUT Brno.

CHMELA, Jaroslav. *Koroze a ochrana materiálu (kovů)*. Praha: Ústav technického

rozvoje a informací, 1979.

VAŠEK, Milan. *Havárie, poruchy a rekonstrukce: dřevěné a ocelové konstrukce*. 1.

vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024735269.

### 8.2 Webové zdroje

Bodová koroze. *Konference AKI 2000* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:

<http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/koratlas/01.htm>

Erozní koroze. *Koroze kovů* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:

[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/d\\_eroze.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_eroze.htm)

Katodová ochrana železobetonových konstrukcí. *Abs-portal* [online]. 2012 [cit.

2016-03-18]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/beton/katodova-ochrana-zelezobetonovych-konstrukci>

- Koroze působením makročlánku. *Koroze kovů* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/d\\_makro.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_makro.htm)
- Korozní praskání* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/atlas/kapitoly/prostredim/obr/f156.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/atlas/kapitoly/prostredim/obr/f156.htm)
- Korozní praskání. *Korozní praskání - teoretická část* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze\\_korozni\\_praskani/teorie.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_korozni_praskani/teorie.htm)
- Mezikrystalová koroze. *Mezikrystalová koroze - teoretická část* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze\\_mezikrystalova\\_koroze/teorie.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/koroze_mezikrystalova_koroze/teorie.htm)
- Ochrana proti korozi. *Učíme v prostoru - Encyklopedie Drtič kamene* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2652](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2652)
- Selektivní koroze. *Koroze kovů* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/d\\_selekt.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_selekt.htm)
- Štěrbínová koroze. *Koroze kovů* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/koroze/d\\_sterb.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/koroze/d_sterb.htm)
- Vodíkové poškození* [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z:  
[http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni\\_inzenyrstvi\\_se/atlas/kapitoly/vodik/vodik.htm](http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/korozni_inzenyrstvi_se/atlas/kapitoly/vodik/vodik.htm)
- Záhada železného sloupu v Dillí: Nevšední svět* [online]. 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://nevsedni-svet.cz/zahada-zelezného-sloupu-v-dilli/>

### 8.3 Elektronické dokumenty

- ČERNÝ, Michal. Koroze. Prezentace prezentována na [Mendelu; 2016 1. Květen; Brno].
- ČLUPEK, Otakar. Galvanický článek jako příčina ekologických problémů. *Koroze a ochrana materiálu*[online]. 2002, **2002**(4), 75-77 [cit. 2016-04-18]. ISSN 0452-599X. Dostupné z: <http://www.casopis-koroze.cz/index.php>
- KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. c2012, poslední revize 8. 2. 2012 [cit. 2016-3-15]. Dostupný z WWW: <<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- KURSOVÁ, Marie. Příčiny netěsností výměníků v teplovodních okruzích. *Koroze a ochrana materiálu*[online]. 2015, **2011**(1), 28–31 [cit. 2016-04-18]. ISSN 1804-1213. Dostupné z: <http://www.casopis-koroze.cz/index.php>
- NOVÁK, Pavel. *Koroze kovů* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Koroze%20kovů.pdf>
- ŘEHÁK, M. a I. DRAHOTSKÝ. Koroze a porucha na vozidle jako příčina dopravní nehody / Corrosion and a vehicle failure as a cause of a traffic accident. *Koroze a ochrana materiálu* [online]. De Gruyter, 2015, **2015**(2), 66–72 [cit. 2016-04-18]. ISSN 1804-1213. Dostupné z: [http://www.degruyter.com/dg/viewjournalissue.articlelist.resultlinks.fullcontentlink:pdfeventlink/\\$002fj\\$002fkom.2015.59.issue-2\\$002fkom-2015-0011\\$002fkom-2015-0011.pdf?t:ac=j\\$002fkom.2015.59.issue-2\\$002fissue-files\\$002fkom.2015.59.issue-2.xml](http://www.degruyter.com/dg/viewjournalissue.articlelist.resultlinks.fullcontentlink:pdfeventlink/$002fj$002fkom.2015.59.issue-2$002fkom-2015-0011$002fkom-2015-0011.pdf?t:ac=j$002fkom.2015.59.issue-2$002fissue-files$002fkom.2015.59.issue-2.xml)

